

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE: INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL:

DISEÑO DE UNA UNIDAD DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS PARA
ESCUELAS FISCALES RURALES DE LA ZONA 1 DEL ECUADOR

AUTORES:

ANDRÉS LEONARDO BAQUERO INTRIAGO

FABRICIO DAVID BARRENO HERNÁNDEZ

DIRECTOR:

ING. PABLO JOSÉ DAZA DONOSO

QUITO DM, JUNIO 2022

DEDICATORIA

Dedico mi tesis realizada con mucho esfuerzo y dedicación a mi familia, quienes siempre me han apoyado y brindado su ayuda para poder seguir adelante con su paciencia, consejos y amor.

Andrés Baquero

El presente trabajo lo dedico principalmente a mi Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres por su apoyo incondicional, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos, profesores, tutores, ingenieros.

Fabricio Barreno

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme dado el maravilloso regalo de la vida en el hogar del que soy parte. A mi familia y quienes me apoyaron para lograr culminar esta tesis, en especial a mi madre y padre quienes han estado siempre para mí y me han proporcionado educación y valores. Gracias a ellos he aprendido a realizar todo dando mi cien por ciento y valorando los sacrificios para obtener cada logro.

Agradezco también al Ing. Pablo Daza, quien fue mi tutor de tesis por haberme brindado en primer lugar todo el apoyo necesario con su paciencia, confianza y apoyo, además compartiendo su conocimiento y guías necesarias para poder desarrollar la tesis de mejor manera.

A Dome, por brindarme su cariño y amor, como su gran ayuda y apoyo tanto para este como otros proyectos, de igual forma agradezco a su familia, por todo su apoyo durante este tiempo.

Finalmente quiero expresar mis agradecimientos a cada uno de los ingenieros que fueron parte de este largo proceso de aprendizaje y enseñanza.

Andrés Baquero

Quiero expresar mi gratitud a Dios, por haberme acompañado en mi vida académica y no desampararme en ningún momento.

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y personal, por cada enseñanza.

Agradezco a mis padres Mayra Hernández y Luis Barreno por ser el sustento en mi vida y la principal razón para haber llegado hasta aquí, por su paciencia y abnegación, por acompañarme en mis triunfos y levantarme en mis caídas. A mi hermano Pablo Barreno y a toda mi familia especialmente a mi madre Blanca Cecilia.

Finalmente agradezco a cada profesor que me acompañó en este camino de la ingeniería aportando sus conocimientos para mi formación, especialmente a mi director de tesis, el ingeniero Pablo Daza.

Fabricio Barreno

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación	2
1.3	Alcance	3
1.4	Objetivos	4
1.4.1	Objetivo general	4
1.4.2	Objetivos específicos	4
2	CAPITULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1	Instalaciones de Agua, Saneamiento e Higiene en escuelas	5
2.1.1	Generalidades	5
2.1.2	Ubicación y diseño	6
2.1.3	Adaptaciones especiales en el diseño de los sistemas WASH	7
2.1.4	Desafíos de las instalaciones WASH	9
2.2	Instalaciones Hidrosanitarias	10
2.2.1	Definiciones.....	10
2.2.2	Estimación de caudales y presiones	12
2.2.3	Pérdidas de Carga	16
2.2.4	Cálculo de Pérdidas	18
2.2.5	Redes de Distribución.....	21
2.2.6	Cálculo de la altura de bombeo y potencia de una bomba	23
2.3	Normativa WASH para escuelas en contextos de bajos recursos.....	25
2.4	Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 16 “Norma hidrosanitaria NHE agua”.....	31
2.4.1	Generalidades	31
2.4.2	Definiciones requeridas	32
2.4.3	Dimensionamiento de la Estructura Hidrosanitaria.....	36
2.4.4	Dimensionamiento de tanques de almacenamiento.....	41
2.5	Norma técnica para diseño de ambientes educativos.....	42
2.6	Sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias	44

2.6.1	Descripción general	44
2.6.2	Concepción	47
2.6.3	Diseño	48
2.6.4	Tipos de contaminantes en los SCALL	48
2.6.5	Superficie de Captación	50
2.6.6	Canaletas	52
2.6.7	Filtros	52
2.6.8	Desviador de primeras aguas	53
2.6.9	Tanque	54
2.6.10	Operatividad	56
2.6.11	Desinfección por cloración	56
2.6.12	Control de calidad	58

3 CAPITULO III: CARACTERIZACIÓN DE LAS ESCUELAS FISCALES

RURALES EN LA ZONA 1 59

3.1	Introducción	59
3.2	Población escolar	59
3.2.1	Población escolar en la Zona 1	59
3.2.2	Población escolar por provincia	76
3.2.3	Población de diseño	83
3.3	Ubicación geográfica	84
3.4	Condiciones de servicios WASH.....	94
3.4.1	Agua	94
3.4.2	Saneamiento	105
3.4.3	Higiene	106

4 CAPITULO IV: CARACTERIZACIÓN DE SECTORES DE LA ZONA 1 EN BASE A LAS PRECIPITACIONES..... 108

4.1	Revisión de datos meteorológicos	108
4.2	Curvas IDF.....	118
4.3	Caracterización de zonas según pluviometría.....	126
4.1	Mapa de Isoyetas	128

5	CAPITULO V: DISEÑO DE LA UNIDAD DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS	130
5.1	Diseño del sistema de captación de aguas lluvias.....	130
5.2	Captación	131
5.3	Canaletas	140
5.4	Bajantes.....	141
5.5	Pretratamiento	144
5.6	Filtración	147
5.7	Desinfección	150
5.8	Almacenamiento	152
5.9	Comprobación de presión en red de distribución	153
5.10	Análisis de precios unitarios y presupuesto referencial	168
5.11	Planos	173
5.12	Manual de construcción e instalación	174
5.13	Manual de operación y mantenimiento	193
6	CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	202
6.1	Conclusiones	202
6.2	Recomendaciones	204
7	BIBLIOGRAFÍA	205
8	ANEXOS	209
8.1	Anexo A. Análisis de precios unitarios	209
8.2	Anexo B. Especificaciones Técnicas	226
8.3	Anexo C. Cálculo Estructura Metálica	252
8.4	Anexo D. Planos Estructura Metálica.....	272
8.5	Anexo E. Colocación de elementos y ductos en base de la torre.....	273
8.6	Anexo F. Colocación de elementos y ductos Nv. + 3.00m & 6.00m	274
8.7	Anexo G. Desviador de primeras aguas.....	275
8.8	Anexo H. Detalle desagüe - 1	276
8.9	Anexo I. Detalle desagüe - 2.....	277

8.10	Anexo J. Carga de presión y vistas 3D.....	278
8.11	Anexo K. Detalle de los componentes del SCALL.....	279
8.12	Anexo L. Detalle conexiones tanque elevado	280
8.13	Anexo M. Isometría para el cálculo de pérdidas en las instalaciones	281
8.14	Anexo N. Esquema eléctrico para bombas.....	282

Índice de Tablas

Tabla 1.-Presiones recomendadas para aparatos sanitarios	12
Tabla 2. - Consumos referenciales en base al uso de las instalaciones	14
Tabla 3. - Aparatos sanitarios básicos	15
Tabla 4. - Viscosidad y tipos de flujo.....	16
Tabla 5. - Propiedades del agua de acuerdo con la temperatura (peso específico, densidad, viscosidad).....	17
Tabla 6. - Ecuaciones para calcular el coeficiente de fricción para Darcy-Weisbach, régimen turbulento.....	20
Tabla 7. - Valores de rugosidad absoluta (ϵ) de algunos materiales	20
Tabla 8. - Tipos de Suministro de agua.....	22
Tabla 9. - Criterios mínimos para la calidad del agua para escuelas en contextos de bajos recursos.....	25
Tabla 10. - Definiciones básicas para Instalaciones Hidrosanitarias.....	32
Tabla 11. - Tabla 16.1 de la NEC-2011 Norma Hidrosanitaria NHE Agua (fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda).....	36
Tabla 12. - Estimación del Caudal Máximo Probable y del Coeficiente de Simultaneidad	38
Tabla 13. - Estimación de pérdidas	39
Tabla 14. - Directrices técnicas para la construcción de las instalaciones sanitarias	42
Tabla 15. - Ventajas y desventajas de los Sistemas de Captación de Aguas Lluvias.....	46
Tabla 16. - Tipos de contaminantes comunes en los SCALL	49
Tabla 17. - Dosificaciones de Hipoclorito de Sodio (NaOCl) de acuerdo al volumen del agua en el depósito	57

Tabla 18. - Parámetros básicos de las guías de la OMS	58
Tabla 19. - Población escolar total por año	60
Tabla 20. - Promedio escolar total por año.....	63
Tabla 21. - Desviación estándar (σ) escolar total por año	67
Tabla 22. - Datos para elaboración del histograma de frecuencias-I.....	70
Tabla 23. - Datos para elaboración del histograma de frecuencias-II	71
Tabla 24. - Frecuencias poblacionales escolares de la Zona 1	73
Tabla 25. - Frecuencias poblacionales escolares de la provincia: Carchi	76
Tabla 26. - Frecuencias poblacionales escolares de la provincia: Esmeraldas.....	78
Tabla 27. - Frecuencias poblacionales escolares de la provincia: Imbabura.....	80
Tabla 28. - Frecuencias poblacionales escolares de la provincia: Sucumbíos	82
Tabla 29. - Resumen de la población mayoritaria en las provincias	83
Tabla 30. - Estaciones meteorológicas de la Zona 1	108
Tabla 31. - Intensidad duración frecuente estación M0110.....	110
Tabla 32. - Intensidad duración frecuente estación M0107.....	111
Tabla 33. – Intensidad duración frecuente estación M0105	112
Tabla 34. – Intensidad duración frecuente estación M0053	113
Tabla 35. - Intensidad duración frecuente estación M005.....	114
Tabla 36. – Intensidad duración frecuente estación M0224.....	115
Tabla 37. - Intensidad duración frecuente estación M0058.....	116
Tabla 38. - Intensidad duración frecuente estación M0203.....	117
Tabla 39. – Estaciones Meteorológicas y escuelas de la Zona 1 del Ecuador.....	126
Tabla 40. - Coeficientes de escorrentía de acuerdo con el tipo de superficie.....	132
Tabla 41. - Superficie de captación requerida, para una duración de 5 minutos.....	134
Tabla 42. - Superficie de captación requerida, para una duración de 15 minutos.....	135
Tabla 43. - Superficie de captación requerida, para una duración de 30 minutos.....	136
Tabla 44. - Superficies de captación requeridas de acuerdo con la estación meteorológica y la duración de la lluvia.....	137
Tabla 45. - Diámetro de canaleta semicircular y su pendiente en función del área proyectada del techo	141

Tabla 46. - Diámetro del bajante requerido en relación con la superficie proyectada (m ²) y la intensidad de lluvia (mm/h)	142
Tabla 47. - Diámetros de bajante recomendados en función de la intensidad máxima de lluvia de la zona para una superficie de unos 150m ²	143
Tabla 48.- Volumen requerido para el desviador de primeras ALL.....	144
Tabla 49. - Aparatos sanitarios y caudales requeridos de las instituciones.....	156
Tabla 50. - Pérdidas menores en accesorios de instalaciones sanitarias	157
Tabla 51. - Cálculo capacidad hidráulica del sistema empleando la fórmula de Flamant (NEC)	162
Tabla 52. - Cálculo capacidad hidráulica del sistema empleando la fórmula de Darcy-Weisbach:	163
Tabla 53. - Cálculo de la bomba (Flamant)	164
Tabla 54. - Cálculo de la bomba (Darcy-Weisbach)	165
Tabla 55. - Resumen de APU's y presupuesto referencial	168
Tabla 56. - Cronograma valorado del proyecto.....	170
Tabla 57. - Propiedades y usos del acero estructural.....	233
Tabla 58. - Propiedades de la tubería pegable	240
Tabla 59. - Características de la bomba centrífuga	243
Tabla 60. - Características del filtro de discos.....	244
Tabla 61. - Características del filtro de 10 micras recomendado	245
Tabla 62. - Características de la carcasa porta filtros.....	245
Tabla 63. - Características de otros filtros en el mercado	245
Tabla 64. - Características de la válvula check	248
Tabla 65.- Corte Basal NEC 2015.....	254
Tabla 66. - Factores considerados para el diseño estructural	255

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. - Esquema aplicación de Bernoulli en bombas.....	24
Ilustración 2. - Población total de docentes	60
Ilustración 3. - Población total de administrativos	61
Ilustración 4. - Población total de estudiantes	61
Ilustración 5. - Población total escolar por año	62
Ilustración 6. - Promedio aritmético de docentes desde el año 2010 al 2021.....	64
Ilustración 7. - Promedio aritmético de administrativos desde el año 2010 al 2021	64
Ilustración 8. - Promedio aritmético de estudiantes desde el año 2010 al 2021	65
Ilustración 9. - Promedio aritmético poblacional de las instituciones educativas desde el año 2010 al 2021	66
Ilustración 10. - Desviación estándar de docentes desde el año 2010 al 2021	67
Ilustración 11. - Desviación estándar de administrativos desde el año 2010 al 2021	68
Ilustración 12. - Desviación estándar de estudiantes desde el año 2010 al 2021	69
Ilustración 13. - Desviación estándar poblacional desde el año 2010 al 2021	69
Ilustración 14. - Histograma poblacional de las escuelas fiscales-rurales de la Zona 1-I	71
Ilustración 15. - Histograma poblacional de las escuelas fiscales-rurales de la Zona 1-I	72
Ilustración 16.- Histograma poblacional de las escuelas en Carchi	76
Ilustración 17. - Histograma poblacional de las escuelas en Esmeraldas.....	78
Ilustración 18. - Histograma poblacional de las escuelas en Imbabura.....	79
Ilustración 19. - Histograma poblacional de las escuelas en Sucumbíos	81
Ilustración 20. - Ubicación geográfica de las provincias de la Zona 1 del Ecuador	85
Ilustración 21. – Cantones de la provincia de Esmeraldas	86
Ilustración 22. - Cantones de la provincia del Carchi.....	87
Ilustración 23. - Cantones de la provincia de Imbabura	88
Ilustración 24. - Cantones de la provincia de Sucumbíos	89
Ilustración 25. - Número de unidades educativas de la Zona 1, desglosadas por provincia y por cantón	90
Ilustración 26. - Total poblacional de las escuelas de la Zona 1, desglosado por provincia y por cantón	91
Ilustración 27.- Concentración poblacional de la Zona 1 por provincia	92

Ilustración 28. - Concentración poblacional y unidades educativas fiscales-rurales para cada provincia y cantón de la Zona 1.....	93
Ilustración 29. – Principal fuente de agua en escuelas de la Zona 1	95
Ilustración 30. – Principal fuente de agua en escuelas del Carchi.....	96
Ilustración 31. - Principal fuente de agua en escuelas de Esmeraldas.....	97
Ilustración 32. - Principal fuente de agua en escuelas de Imbabura.....	98
Ilustración 33. - Principal fuente de agua en escuelas de Sucumbíos	99
Ilustración 34. – Disponibilidad de la fuente principal en provincias de la Zona 1	100
Ilustración 35. – Disponibilidad de la fuente principal en el Carchi	101
Ilustración 36. – Disponibilidad de la fuente principal en Esmeraldas	101
Ilustración 37. – Disponibilidad de la fuente principal en Imbabura	102
Ilustración 38. – Disponibilidad de la fuente principal en Sucumbíos.....	103
Ilustración 39. – Fuente principal de las escuelas de la Zona 1.....	104
Ilustración 40. – Accesibilidad y localización de escuelas de la Zona 1	105
Ilustración 41. – Nivel de servicio de higiene en escuelas de la Zona 1.	106
Ilustración 42. - Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas de la Zona 1	109
Ilustración 43. - Ubicación geográfica Estación: San Pablo del Lago	110
Ilustración 44. - Ubicación geográfica Estación: Cahuasqui.....	111
Ilustración 45. - Ubicación geográfica Estación: Otavalo.....	112
Ilustración 46. - Ubicación geográfica Estación: Ibarra Aeropuerto.....	113
Ilustración 47. - Ubicación geográfica Estación: Tulcán Aeropuerto	114
Ilustración 48. - Ubicación geográfica Estación: San Lorenzo	115
Ilustración 49. - Ubicación geográfica Estación: Esmeraldas	116
Ilustración 50. - Ubicación geográfica Estación: El Reventador.....	117
Ilustración 51. – Curva IDF San Pablo del Lago.....	118
Ilustración 52. – Curva IDF Cahuasqui	119
Ilustración 53. – Curva IDF Otavalo	120
Ilustración 54. – Curva IDF Ibarra Aeropuerto	121
Ilustración 55. – Curva IDF Tulcán Aeropuerto.....	122
Ilustración 56. – Curva IDF San Lorenzo.....	123
Ilustración 57. – Curva IDF Estación Esmeraldas.....	124

Ilustración 58. – Curva IDF El Reventador	125
Ilustración 59. - Mapa de Isoyetas de Ecuador.....	129
Ilustración 60. - Superficies de captación requeridas de acuerdo con las curvas IDF para un volumen de 2400 litros	138
Ilustración 61. -Superficies de captación requeridas de acuerdo con las curvas IDF para un volumen de 1200 litros	139
Ilustración 62. - Colocación del desviador de primeras aguas	145
Ilustración 63. Modelo de cálculo para calcular pérdidas y capacidad del sistema	155
Ilustración 64.- Línea de paso desde tanque inferior hacia tanque elevado	160
Ilustración 65.- Línea de distribución hacia instalaciones sanitarias.....	161
Ilustración 66. - Pérdida de carga estimada del filtro	166
Ilustración 67. - Curva característica de bomba Evans modelo 2HME050.....	167
Ilustración 68. - Orificios para tubería tanque inferior.....	175
Ilustración 69. - Instalación adaptador para tanque	176
Ilustración 70. - Instalación válvula check con rejilla	177
Ilustración 71. - Instalación válvula check con rejilla en adaptador de tanque	177
Ilustración 72. - Instalación tubería de rebose/ventilación en tanque inferior.....	178
Ilustración 73. - Instalación tanque inferior.....	178
Ilustración 74. - Preparación tubería de PVC pegable.....	179
Ilustración 75. -Limpieza de tubería de PVC pegable.....	180
Ilustración 76. - Colocación de pegamento en tubería de PVC pegable	180
Ilustración 77. - Unión de tubería de PVC pegable	180
Ilustración 78. - Vista en planta componentes SCALL	181
Ilustración 79. -Componentes SCALL	183
Ilustración 80. - Instalación tubería hacia tanque superior	184
Ilustración 81. - Orificios para ingreso y salida de agua en tanque elevado	185
Ilustración 82. - Tubería de ventilación en tanque elevado	186
Ilustración 83. - Vista en planta del tanque elevado y orificios	186
Ilustración 84. - Rejilla del desviador de primeras aguas (tipo cúpula - campana).....	188
Ilustración 85 . - Desviador de primeras aguas	189
Ilustración 86. - Vista 3D del SCALL.....	189

Ilustración 87. - Colocación de tubería de drenaje y perforaciones en tubos.....	191
Ilustración 88. - Lógica del control de bombas y tablero	192
Ilustración 89. - Tanque inferior y tapa para llenado de agua por tanqueros	193
Ilustración 90. - Apertura de válvulas para bombeo de agua hacia tanque superior	199
Ilustración 91. - Apertura de bombas para vaciado de tanques 1	200
Ilustración 92. - Apertura de bombas para vaciado de tanques 2.....	201
Ilustración 93. - Geometría y cotas de la cimentación	252
Ilustración 94. - - Espectro sísmico de aceleraciones que representa el sismo de diseño ..	255
Ilustración 95. - Combinaciones de carga consideradas.....	256
Ilustración 96. – Ingreso de datos en el programa ETABS: Propiedades del Hormigón ...	257
Ilustración 97. - Ingreso de datos en el programa ETABS: Propiedades del acero estructural	258
Ilustración 98. - Ingreso de datos en el programa ETABS: Propiedades del acero de refuerzo.....	259
Ilustración 99. - Ingreso de datos en el programa ETABS: Propiedades de las secciones.	260
Ilustración 100. - Ingreso de datos en el programa ETABS: Propiedades columnas.....	261
Ilustración 101. - Ingreso de datos en el programa ETABS: Propiedades de vigas principales.....	261
Ilustración 102. - Ingreso de datos en el programa ETABS: Propiedades de vigas secundarias.....	262
Ilustración 103. - Ingreso de datos en el programa ETABS: Propiedades de la losa	262
Ilustración 104. - Ingreso de datos en el programa ETABS: Propiedades de las escaleras	263
Ilustración 105.- Resultados del Programa: Fuerzas Sísmicas.....	264
Ilustración 106. - Resultados del Programa: Derivas elásticas.....	265
Ilustración 107. - Resultados del Programa: Derivas máximas XX.....	266
Ilustración 108. - Resultados del Programa: Derivas máximas Y	267
Ilustración 109. - Geometría de la Cimentación N+0.00.....	268
Ilustración 110. - Esfuerzos en el suelo cimentación N+0.00m	269
Ilustración 111. - Asentamiento máximo en el suelo	270
Ilustración 112. - Asentamiento máximo del suelo	271

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. - Coeficiente de Simultaneidad.....	14
Ecuación 2. - Número de Reynolds	18
Ecuación 3.- Fórmula de Flamant	18
Ecuación 4. - Fórmula de Darcy – Weisbach	19
Ecuación 5. - Ecuación de Bernoulli	23
Ecuación 6. - Ec. Bernoulli considerando pérdidas.....	24
Ecuación 7. - Ecuación del sistema hidráulico	24
Ecuación 8.- Cálculo de la altura de bombeo	25
Ecuación 9.- Potencia requerida de una bomba.....	25
Ecuación 10. - Cantidad de agua estimada que puede captar una superficie de captación ..	51
Ecuación 11. - Cantidad de agua estimada que puede captar una superficie de captación en unidades del SI y litros	52
Ecuación 12. - Precipitación acumulada de la intensidad	133
Ecuación 13.- Área requerida para la captación en base al volumen	133
Ecuación 14. -Cálculo del coeficiente sísmico.....	253

Glosario:

- *AMIE*: Archivo Maestro de Instituciones Educativas
- *Aguas servidas*: Agua contaminada con material químico o biológico debido a su uso para higiene y saneamiento.
- *Aguas grises*: Aguas servidas cuya procedencia es de duchas, lavabos, lavadoras, etc., que no contiene materia fecal.
- *Aguas negras*: Agua servida que por su procedencia contiene heces u orina; proveniente de inodoros y/o urinarios.
- *ALL*: Aguas Lluvias
- *IDF*: Intensidad, Duración, Frecuencia
- *INAMHI*: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
- *INEC*: Instituto Nacional de Estadística y Censos
- *INIA*: Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile
- *Isolínea*: Línea que conecta puntos con una precipitación de un mismo valor.
- *JMP*: El Programa Conjunto de Monitoreo para el Abastecimiento de Agua y el Saneamiento de la OMS y UNICEF
- *MINEDUC*: Ministerio de Educación
- *NEC*: Norma Ecuatoriana de la Construcción
- *ODS*: Objetivos de desarrollo sostenible
- *SCALL*: Sistema de Captación de Aguas Lluvias
- *Sedema*: Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México
- *Senplades*: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
- *SI*: Sistema Internacional
- *UNICEF*: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
- *WASH*: Agua, Saneamiento e Higiene (Por sus siglas en inglés: *Water, Sanitation and Hygiene*)
- *Zona 1*: Región conformada por las provincias del norte del país (Ecuador) que comprende a las provincias de Esmeraldas, Carchi, Imbabura y Sucumbíos

1 CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En zonas urbanas el acceso al agua es algo cotidiano, todos los días se usan los lavamanos, inodoros, cocinas o lavadoras, logrando mejores prácticas de higiene y calidad de vida; pero, por otro lado, se encuentra la población rural del país, más desfavorecida al respecto. Según la organización Ayuda en Acción (2021) hay más de 2.000 millones de personas en el mundo que no tienen acceso a agua potable, y según datos oficiales, en las zonas rurales del Ecuador, solo el 39% de la población tiene acceso al agua. Esto debido a motivos técnicos, ya que en zonas rurales la población se encuentra dispersa encareciendo los sistemas de distribución, a diferencia del sector urbano que tiene una población más concentrada, lo que permite una disminución del costo.

Las alternativas de abastecimiento mediante la captación de aguas lluvias son importantes para el desarrollo de las comunidades rurales como un complemento a todas las formas posibles de abastecimiento del recurso. Actualmente, se pueden mencionar varios ejemplos de países que captan y almacenan el agua lluvia como Australia, que lidera este desarrollo; Estados Unidos, China, Japón, entre otros, mientras que en la región de América Latina y el Caribe se puede destacar a México como un país que ha generado varios proyectos a mediana y pequeña escala de manera exitosa (Belelli & Vázquez, 2019). Por lo tanto, resulta razonable el aprovechamiento del recurso por este medio. De esta forma, se puede establecer que el acceso al agua de una fuente segura se vuelve importante para una mejora en la salud de los estudiantes, así como en su rendimiento académico, y para el establecimiento de condiciones más equitativas con el resto de las otras unidades educativas del país para lograr hacer válidos estos derechos.

Finalmente, es importante recalcar, en el contexto de la educación, la gran necesidad de reforzar los servicios agua, saneamiento e higiene (WASH por sus siglas en inglés) en el sector rural, sobre todo en las escuelas, ya que estos establecimientos presentan una deficiencia marcada en el acceso de servicios básicos, ya que no cuentan con redes de agua potable óptimas y los suministros son deficientes.

1.2 Justificación

La salud y condiciones sanitarias han mejorado con el paso de los años, dando lugar a mejoras en la calidad de vida y de los servicios básicos. Sin embargo, no toda la población ecuatoriana cuenta con saneamiento o abastecimiento de agua de calidad. La problemática en las comunidades educativas también resulta alarmante respecto a las cifras según el Diario Primicias (2022): el Ministerio de Educación (MINEDUC) determinó que el 25% de escuelas y colegios públicos carecen de adecuados servicios de saneamiento, higiene y agua. Además, si se considera la situación actual de postpandemia, se puede establecer que el saneamiento es fundamental para disminuir el foco de infecciones y mejorar la higiene de los estudiantes. Por todas estas razones, es importante encontrar soluciones viables para el abastecimiento de agua de calidad, aún más en zonas rurales.

Según Daza (2021), el MINEDUC y UNICEF luego de realizar un diagnóstico de servicios de agua, saneamiento e higiene en las instituciones educativas en el año 2020 determinaron que: 2033 escuelas fiscales rurales carecen de servicios de higiene, 398 poseen un servicio limitado debido a la infraestructura y 1027 escuelas tienen interrupciones de este servicio por lo que el abastecimiento de agua potable es inexistente en los primeros casos y deficiente en los últimos, con porcentajes del 30.7% y 21.5% respectivamente del total de instituciones rurales fiscales. Mediante los datos anteriores se puede establecer que un 52.2% de instituciones educativas fiscales rurales no cuenta con un sistema de agua, saneamiento e higiene adecuados.

La implementación de sistemas sanitarios sustentables, como el de recolección de aguas lluvias, se ha implementado en varios países con resultados prometedores; por lo que, estos podrían ser una alternativa viable para abastecer de agua a las escuelas rurales en el Ecuador, y brindar los servicios higiénicos mínimos de calidad, y así asegurar para los estudiantes de las escuelas, el acceso a dos derechos primordiales del ser humano: la salud y la educación.

1.3 Alcance

Se diseñó un sistema que pueda implementarse en la mayoría de las instituciones educativas rurales y fiscales del Ecuador en la Zona 1, para captar aguas lluvias que sirvan para el funcionamiento del sistema hidrosanitario de cada institución. Para esto, se tomaron los datos de precipitaciones de las zonas en las que se encuentran las instituciones educativas que sean facilitados por el INAMHI. En lo que se refiere a la demanda de agua lluvia de las instituciones educativas, se realizaron comparaciones de los análisis estadísticos con base a la información de los registros administrativos del MINEDUC conforme a la población escolar.

El proyecto incluye las especificaciones técnicas, planos, memoria de cálculo, presupuesto referencial, y manuales de instalación, operación y mantenimiento. La unidad contiene los componentes indicados en el marco metodológico. Para casos en los que una institución no tenga una cubierta con las condiciones adecuadas, el diseño incluye una cubierta modular. Además, se realizó la comprobación del diseño haciendo un ejemplo de cálculo con un modelo estándar de baño de escuela rural usando modelo genérico. Finalmente, la unidad se compone de materiales disponibles a nivel local, prefabricados preferencialmente, y facilitando la operación y mantenimiento de la misma. Los estudios de suelo y otros costos como la readecuación o restauración de la superficie de captación no se encontrarán descritos en este trabajo debido a la variabilidad del sitio en donde se requerirá la implementación de este sistema, por lo que se deberán considerar en el momento de su implementación por el promotor o constructor del proyecto.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar una unidad de aprovechamiento de aguas lluvias para escuelas fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador para el abastecimiento de agua segura, y el mejoramiento de los entornos de aprendizaje.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico general de los servicios de agua saneamiento e higiene de las escuelas fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador en base a información de la encuesta nacional del Ministerio de Educación.
- Identificar variables comunes que permitan el diseño de una unidad modular de aprovechamiento de aguas lluvias que pueda usarse para la mayoría de las escuelas.
- Conocer las condiciones pluviométricas de diseño para la Zona 1 del Ecuador.
- Diseñar un prototipo de aguas lluvias modular para escuelas fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador.

2 CAPITULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Instalaciones de Agua, Saneamiento e Higiene en escuelas

2.1.1 Generalidades

También conocido como servicios WASH por sus siglas en inglés (*Water, Sanitation and Hygiene*), comprende a todas las instalaciones sanitarias e higiénicas presentes en las escuelas, así como la educación en temas de salud e higiene para los estudiantes. Se trata de abastecer de agua potable, segura y de calidad, realizar un manejo adecuado de las aguas servidas, así como de los desperdicios presentes en las escuelas, esto con el fin de evitar la propagación de enfermedades e incentivar conductas saludables para la vida (UNICEF, *Water, Sanitation and Hygiene*, 2012).

Los objetivos de los servicios WASH en escuelas son los siguientes (UNICEF, *Water, Sanitation and Hygiene*, 2012):

- Reducir la mortalidad infantil y promover la equidad de género.
- Establecer un uso y accesos seguros, sustentables y equitativos al agua, así como de los servicios sanitarios básicos presentes en las escuelas.
- Mejorar la salud y el aprendizaje en escuelas, reduciendo las enfermedades relacionadas con el saneamiento y el agua.

Según UNICEF (2012), un saneamiento pobre, la escasez y mala calidad de agua junto con una conducta inapropiada de higiene, es desastrozo para los infantes y niños pequeños, ya que son la principal causa de mortalidad en este grupo. El problema se intensifica aún más en las escuelas ya que son potenciales focos de infección y lugares donde la población escolar pasa gran parte de su tiempo, de esta manera los niños están propensos a ambientes inadecuados que pueden afectar significativamente su salud. Por esto, los ambientes escolares deben garantizar una ventilación adecuada, así como facilidades de higiene para el lavado de manos con jabón.

Los sistemas WASH buscan mejorar significativamente la salud y el aprendizaje en las escuelas reduciendo enfermedades relacionadas con el saneamiento y el agua. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018), los principales riesgos microbiológicos relacionados con el agua se deben a la presencia de heces humanas o de animales (incluidas

las de las aves, a considerar para un sistema de captación de aguas lluvias), debido a que las mismas pueden ser una potencial fuente de agentes patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos.

La calidad bacteriológica del agua para consumo es también muy importante para la salud. Se pueden mencionar la dermatomicosis, infecciones respiratorias agudas, parasitosis, fiebre y diarreas como enfermedades transmitidas por la contaminación del agua para consumo (Gutiérrez, 2014).

Un ambiente educativo saludable debe estar limpio, libre de olores y debe evitar la transmisión de bacterias peligrosas, virus y parásitos perjudiciales para la salud de la población escolar, todo ello mediante servicios WASH apropiados. Complementariamente, también se debe enfocar esfuerzo en el desarrollo de habilidades colaborativas con la intervención de los padres y madres, comunidades, gobiernos e instituciones, para que con el trabajo conjunto se mejore la higiene (Sheido, 2021)

Cualquier intervención WASH según (Sheido, 2021) en escuelas debe contar con:

- Puntos de abastecimiento de agua segura (potable) que sean sustentables, de manera que los estudiantes cuenten con todas las facilidades para el lavado de manos y el saneamiento.
- Integrar habilidades para la vida de los estudiantes en las que se enfoquen hábitos esenciales de higiene personal.
- Hay que asegurar que estas conductas alcancen a familias y comunidades de los participantes escolares, y, por lo tanto, lograr acciones comunitarias en el sector.

2.1.2 Ubicación y diseño

(Sheido, 2021) prioriza dos objetivos para el planeamiento y construcción de las instalaciones de puntos de agua, baños, urinarios y áreas de lavado de manos:

- Que los estudiantes aprendan en un entorno sano y seguro.
- Que en las escuelas se enseñen apropiadas prácticas de higiene, y se cuente con instalaciones apropiadas para que los estudiantes desarrollen hábitos de higiene apropiados.

Para esto hay que tomar en cuenta a los recursos financieros, condición física de las instalaciones y circunstancias socioeconómicas que atraviesa la escuela, debido a que afectan directamente a la selección del diseño técnico y las facilidades WASH.

El diseño de las instalaciones WASH debe incentivar hábitos de higiene como el correcto uso de inodoros, lavado de manos, y recolección adecuada de las aguas servidas (grises y negras). Se vuelve importante facilitar la actividad para los estudiantes, si resulta compleja o consume mucho tiempo, los niños no le darán la importancia necesaria y se saltarán pasos esenciales en prácticas higiénicas, generando un riesgo en la salud para los estudiantes. Por esto es necesario que las facilidades se encuentren cercanas a las instalaciones escolares (aulas, comedores, patios, etc.) y que cuenten con la capacidad suficiente para servir a toda la comunidad escolar, de esta manera las instalaciones deberán contar con suficientes inodoros y lavabos para que sirvan adecuadamente al número de estudiantes en la institución. Además, es sumamente importante que las instalaciones cuenten con agua y jabón (o algún sustituto disponible como cenizas) todo el tiempo para garantizar el correcto lavado de manos, y también materiales culturalmente apropiados para la limpieza anal (p.ej. papel higiénico).

2.1.3 Adaptaciones especiales en el diseño de los sistemas WASH

Se deben realizar adaptaciones que sean accesibles y cómoda para los niños de manera que se contemplen en el diseño, diferenciando las necesidades de cada grupo estudiantil, así como de las necesidades requeridas por los profesores de las escuelas. Por esto UNICEF (2012), presenta las siguientes recomendaciones de acuerdo con la edad de cada grupo escolar:

- Guardería/Primaria (5-7 años):
 - Instalaciones despejadas y con colores claros, con suficiente luz y ventilación. También se debe contemplar en el diseño la necesidad de asistencia de los niños pequeños como su grado de aprendizaje, por lo que las instalaciones deben facilitar el apoyo de profesores y alumnos mayores hacia los niños pequeños en cuanto al correcto uso de inodoros como enseñar un adecuado lavado de manos, pero pese a esta ayuda los niños pequeños también deberían de ser capaces de realizar todas estas acciones sin ayuda (los niños pequeños no tienen la necesidad directa de privacidad, tienden a imitar y observar

comportamientos para luego realizarlos por su cuenta), pero siempre contando con la supervisión de un adulto.

- Educación Básica (8-11 años): Instalaciones deben proveer soluciones integrales para beber agua, lavado de manos, limpieza anal y disposición de desperdicios. Se vuelve necesaria la privacidad incluso para niños del mismo género en los inodoros y también en los urinarios.
- Educación Básica Superior-Bachillerato (12-18 años): Las instalaciones deben garantizar completa privacidad para los alumnos. En el caso de mujeres deben permitir la correcta higiene menstrual y privacidad, asegurando la disposición de toallas sanitarias para las adolescentes (así como de las mujeres en el caso de las instalaciones para el personal docente y administrativo) sin la interrupción de niños pequeños u hombres, además de garantizar un suministro de agua constante y contenedores cubiertos para disponer las toallas sanitarias en los inodoros de forma segura.

Además, los estudiantes deben sentirse seguros con el uso de las instalaciones sin miedo a acosos por parte de personas, y en el caso de escuelas rurales, no deben estar expuestos ni tener miedo ante el ataque de algún animal como serpientes, escorpiones o arañas (Adams, Bartram, Chartier, & Sims, 2010).

Si la escuela es grande, se debe separar las instalaciones de acuerdo con las edades de los estudiantes, considerando sus necesidades específicas, implementando facilidades para los profesores. En caso de que la escuela no sea muy grande se pueden usar las mismas facilidades sanitarias, pero añadiendo implementos especiales para los grupos de niños pequeños, por ejemplo, escalones para que alcancen lavabos e inodoros, y de igual forma incluir asientos de inodoros con aberturas más pequeñas.

2.1.4 Desafíos de las instalaciones WASH

UNICEF (2012) & Water Aid (2019) presentan las siguientes recomendaciones al momento de diseñar las instalaciones sanitarias en las escuelas:

- Encontrar un balance justo entre el costo y la calidad de las instalaciones, el hecho de que las instalaciones sean de bajo costo no debe significar que las mismas sean de baja o mala calidad. Por el contrario, las mejores instalaciones son económicas, duraderas, fáciles de usar, mantener y de operar.
- Las instalaciones deben asegurar una larga duración en caso de ser requeridos ingresos fuertes al inicio de su construcción u operación, requerir un menor mantenimiento y promover la salud como la higiene, dando resultados de ahorros económicos a largo plazo.
- Se debe brindar un plan de operación y mantenimiento que asegure la durabilidad de las instalaciones para evitar su deterioro. El cual debe contener:
 - Invitaciones a los estudiantes, profesores y el comité local a participar en el proceso de monitoreo y mejoras de las prácticas higiénicas en las escuelas.
 - Protección de los intereses de los estudiantes todo el tiempo y asegurar que los niños y niñas participen equitativamente en la limpieza y mantenimiento, sin que sea considerado como un castigo por un mal comportamiento o un bajo rendimiento escolar.
 - Proveer cursos anuales sobre los conocimientos y habilidades necesarias para la operación y el mantenimiento de las instalaciones WASH.
 - Plantear convenios entre las autoridades locales, la escuela y los padres de la comunidad para asumir los costos de construcción operación y mantenimiento de las instalaciones.

2.2 Instalaciones Hidrosanitarias

2.2.1 Definiciones

Las instalaciones hidrosanitarias son el conjunto de tuberías, accesorios, aparatos sanitarios, válvulas, tanques, entre otros, que se encargan del abastecimiento de agua hacia las instalaciones sanitarias y fuera de ellas luego de su uso, tienen fines higiénicos, de saneamiento y de limpieza.

En contexto, con el objetivo principal de mejorar la calidad de vida y la salud de la población, varias civilizaciones se asentaron en lugares donde se encontraban cuerpos hídricos ya que eran un recurso de transporte y económico sumamente importante, se puede destacar a la cultura griega que desde el siglo VI, la misma que contaba con tecnologías para la captación y distribución de agua, o a metrópolis importantes como Londres, París, Barcelona, Nueva York, Calcuta, Shanghái, entre otras, como ciudades que lograron su desarrollo gracias al encontrarse cercanas a un cuerpo de agua (Mora, 2014). Por lo tanto, el agua es un recurso esencial, y su suministro permite el progreso y desarrollo de la humanidad.

Generalmente las instalaciones sanitarias se componen de dos grandes grupos:

- Sistemas de abastecimiento de agua (tuberías, válvulas, accesorios, llaves, etc.)
- Sistemas de desalojo de agua (alcantarillados, desagües, rejillas, etc.)

Para lograr suministrar el agua constantemente a una población se requieren de fuentes sostenibles de agua, o que logren el abastecimiento constante de agua dentro de un periodo considerable de tiempo sin extinguir el recurso, por lo que se deben buscar todas las alternativas posibles de abastecimiento del recurso (Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile, 2016). Pero, además de esto, se requiere de sistemas de almacenamiento, de potabilización (tratamiento) y de distribución, en cantidad y calidad suficiente para satisfacer a las necesidades de la población, y a su vez se requieren de sistemas de desalojo del agua como drenajes y alcantarillado para su disposición adecuada.

Carmona (2015), presenta la siguiente terminología importante con respecto a las instalaciones hidrosanitarias:

- **Presión:** Es una fuerza ejercida sobre una superficie. Importante porque al contener el fluido dentro de las tuberías, se requiere que estas tengan una cierta resistencia para evitar su deterioro o rompimiento, por lo que depende del material que las constituye. Sus unidades vienen dadas y masa sobre unidad de superficie como: kilogramos (de fuerza) sobre centímetro cuadrado (kgf/cm^2), libras (de fuerza) por pie cuadrado (psf), libras (de fuerza) por pulgada cuadrada (psi), y en el Sistema Internacional con pascales (Pa).

En las instalaciones sanitarias, resulta más conveniente y práctico expresar esta magnitud en metros de columna de agua (mca), lo cual representa una presión ejercida por una columna de agua en una altura de un metro, equivalente a 0.1 kg/cm^2 o 1 ton/m^2 (tonelada sobre metro cuadrado), indistintamente del diámetro o sección de la columna.
- **Presión Estática:** Presión ejercida verticalmente debido al reposo de un fluido, en el caso de las instalaciones hidrosanitarias el fluido es el agua.
- **Pérdida de Carga:** Disminución de la energía presente en el fluido, y por lo tanto disminución en la presión debido a la fricción generada por las paredes del tubo, accesorios y válvulas cuando el fluido se encuentra en movimiento lo que ocasiona una pérdida de presión. Esta pérdida puede estimarse como un factor de la carga de velocidad que calcula con distintas expresiones o se determina mediante experimentación.
- **Aparatos Sanitarios:** Son dispositivos que requieren de abastecimiento de agua para su funcionamiento, y deben cumplir con estándares de calidad y cantidad previamente establecidos.

2.2.2 Estimación de caudales y presiones

Es importante que el sistema hidrosanitario se encuentre funcionando continuamente, ya que intermitencias en el servicio o una dotación insuficiente podría causar malos olores y estancamientos de agua, y por lo tanto facilitar la propagación de enfermedades (Carmona, Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones, 2015). Por esto es necesario tomar en cuenta varios factores en el diseño de estas instalaciones para determinar el consumo de agua requerido en el servicio considerando que las dotaciones sean adecuadas incluso en horas pico. Esta demanda de agua no solo se requiere para las dotaciones que requerirán los usuarios, sino que también son importantes para seleccionar un diámetro de tubería adecuado en base a la demanda máxima de agua de los aparatos, y a la demanda pico del sistema, la cual será la máxima demanda debido a un uso simultáneo de los aparatos sanitarios. Pero para esto primero hay que tener en cuenta las presiones máximas a las que podrá estar sometido el sistema hidrosanitario. Carmona (2015), presenta la siguiente tabla en cuanto a las presiones recomendadas:

Tabla 1.-Presiones recomendadas para aparatos sanitarios

Aparato sanitario	Presión Recomendada			Presión Mínima			Diámetro de la Conexión
	mca	kg/cm ²	psi	mca	kg/cm ²	psi	
Inodoro fluxómetro	10.33	1.03	14.70	7.70	0.77	10.96	1"
Inodoro de tanque	7.00	0.70	9.96	2.80	0.28	3.98	½"
Orinal de fluxómetro	10.33	1.03	14.70	7.70	0.77	10.96	¾ - 1"
Orinal con llave	7.00	0.70	9.96	2.80	0.28	3.98	½"
Vertederos	3.50	0.35	4.98	2.00	0.20	2.85	½"
Duchas	10.33	1.03	14.70	2.00	0.20	2.85	½"
Lavamanos	5.00	0.50	7.12	2.00	0.20	2.85	½"
Lavadoras	7.00	0.70	9.96	2.80	0.28	3.98	½"
Bidé	5.00	0.50	7.12	2.00	0.20	2.85	½"
Lavadero	4.00	0.40	5.69	2.00	0.20	2.85	½"
Lavaplatos	2.00	0.20	2.85	2.00	0.20	2.85	½"

La presión es importante debido a que en conjunto con los caudales del sistema abastecen a los aparatos sanitarios, por lo que dependen directamente de estas dos variables, en caso de que se requieran valores exactos de presión y de caudal para aparatos específicos, el fabricante provee estos datos en la ficha técnica de los aparatos, o en sus catálogos (Carmona, Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones, 2015).

Es importante destacar que cuando el sistema hidrosanitario se encuentre en funcionamiento no todos los aparatos sanitarios o puntos de agua se encontrarán en funcionamiento al mismo tiempo (es decir, en forma simultánea), por lo que es una condición improbable y se sobredimensionarían las condiciones reales del sistema, el caudal bajo presentado en estas condiciones se conoce como el caudal máximo posible, a este no se lo toma en cuenta para el diseño (Carmona, Desagues, 1998).

Por otro lado, existe una probabilidad de uso simultáneo de ciertos aparatos sanitarios o puntos de agua en condiciones de uso normal (por ejemplo, descargar un inodoro y abrir un grifo, o lavar platos mientras se llena una lavadora), este caudal es conocido como el caudal máximo probable, es el que tiene mayor probabilidad de ocurrencia y por lo tanto el caudal con el que se debe diseñar (Carmona, Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones, 2015).

Carmona (Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones, 2015) también explica que para simplificar el análisis, la norma francesa propone un coeficiente de simultaneidad (k_1), el cual se obtiene a través de un método que considera que ciertos aparatos se encuentran en funcionamiento al mismo tiempo en base al número de salidas y el uso de las instalaciones, este coeficiente tiene un valor máximo de uno (1) y mínimo de cero punto dos (0.2).

A su vez también se cuenta con dotaciones referenciales de los caudales requeridos para los aparatos sanitarios, Carmona (2015) presenta la siguiente ecuación de la norma francesa para el coeficiente de simultaneidad y valores referenciales en cuanto a las dotaciones para el consumo de agua de los ocupantes de una instalación en base a su uso:

$$k_1 = \frac{1}{(S - 1)^{\frac{1}{2}}}$$

Donde:

- k_1 : Es el coeficiente de simultaneidad
- S : Es el número de salidas de agua

Ecuación 1. - Coeficiente de Simultaneidad

Tabla 2. - Consumos referenciales en base al uso de las instalaciones

Uso de Instalación	Consumo sugerido
Comercio	20 l/m ² - mínimo: 400 l/día
Industrias	80 l/trabajador día
Universidades	50 l/estudiante/día
Internados	100 l/persona/día
Hoteles (a)	200 l/habitación/día
Hoteles (b)	150 l/cama/día
Oficinas	40 l/persona/día
Cuarteles	150 l/persona/día
Restaurantes	4 l/comensal/día
Hospitales	400 l/cama/día
Prisiones	200 l/persona/día
Lavanderías	48 l/kg/ropa
Lavado de carros	100 l/por carro
W.C. públicos	50 l/hora
W.C. intermitentes	100 l/h
Consultorios Médicos	400 l/consultorio/día
Clínicas dentales	600 l/unidad
Hipódromos, velódromos	1 l/espectador
Casinos, salas de baile	30 l/m
Cines, teatros	3 l/silla

Las cantidades anteriores son referenciales y sirven para estimar los caudales requeridos, así como volúmenes de agua de las instalaciones (para almacenamiento). Una vez determinado el caudal máximo probable se toma el coeficiente de simultaneidad y se lo multiplica con este valor para calcular un caudal estimado con el uso simultáneo de los aparatos sanitarios, o puntos de agua (Carmona, Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones, 2015).

En cuanto a los aparatos sanitarios, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones (Carmona, Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones, 2015):

Tabla 3. - Aparatos sanitarios básicos

Lavamanos	Se emplean para el lavado y remoción de suciedad de las manos, antebrazos y cara. En el diseño se considera un suministro para 1 o 2 unidades. En cuanto a los desagües, se requiere que tengan la capacidad de drenar 0.4 l/s durante 15s. Deben evitarse derrames y salpicaduras.
Sanitarios	Son los encargados de disponer las heces y orina hacia el alcantarillado o sistemas de tratamiento (tanques sépticos, por ejemplo). El espacio donde se coloquen debe ser funcional y garantiza la privacidad e higiene en las instalaciones. Su suministro de agua varía de 8 a 12 litros para llenar el tanque de descarga.
Urinarios	Se encargan de evacuar la orina en los baños de hombres (aunque también hay estos dispositivos para el uso femenino). Requieren de un espaciamiento mínimo entre urinarios de 60cm y cuando se descargan se usan aproximadamente 50 l/s por aparato. Requieren un drenaje de 0.04 l/s.

2.2.3 Pérdidas de Carga

Las pérdidas de carga son disminuciones de la velocidad de flujo en las tuberías debido a la fricción interna del fluido y su rozamiento con las tuberías, que se oponen al movimiento (Carmona, Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones, 2015). Para el cálculo de estas pérdidas existen varias ecuaciones, en este documento se presentarán las ecuaciones de Flamant y Darcy Weisbach, y otros conceptos adicionales para tener en cuenta. Uno de los conceptos más importantes es el de la viscosidad y el tipo de flujo que presenta Rocha (2007) y se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4. - Viscosidad y tipos de flujo

Viscosidad	Propiedad física que determina la resistencia de un fluido a las deformaciones por lo tanto puede considerarse como la magnitud de las fuerzas cortantes de fricción del fluido con las paredes de la tubería por la que circula. Esta propiedad depende directamente de la temperatura a la cual se encuentra sometida el fluido.
Viscosidad absoluta (μ)	También llamada viscosidad dinámica. Medida que relaciona un esfuerzo y su velocidad de deformación. Las unidades SI son: $\mu = \frac{N * s}{m^2} = Pa * s = \frac{Kg}{m * s}$
Viscosidad cinemática (ν)	Medida que relaciona la viscosidad absoluta (μ) y la densidad del fluido (ρ). Las unidades SI son: $\nu = \frac{m^2}{s}$
Flujo laminar	Se da en fluidos con viscosidad fuerte en relación con sus fuerzas inerciales como aceite o petróleos, es poco frecuente en el agua debido a que tiene una viscosidad menor. Tienen trayectorias de flujo definidas y suaves cuando se analiza dos secciones diferentes de manera que las capas del fluido se deslizan entre sí con un movimiento uniforme.
Flujo Turbulento	Es el tipo de flujo que se presenta mayoritariamente en la ingeniería hidráulica, caracterizado por tener esfuerzos viscosos débiles y un movimiento irregular de las partículas del fluido en trayectorias aleatorias pero que continúan con un movimiento hacia adelante.

En la siguiente tabla se presentan algunos de valores para la viscosidad dinámica y cinemática, de acuerdo con la temperatura del fluido (Mott, 2015):

Tabla 5. - Propiedades del agua de acuerdo con la temperatura (peso específico, densidad, viscosidad)

Temperatura (°C)	Peso Específico γ (kN/m ³)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad dinámica μ (Pa*s) (multiplicar x10 ⁻³)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s) (multiplicar x10 ⁻⁶)
0	9.81	1000	1.750	1.750
5	9.81	1000	1.520	1.520
10	9.81	1000	1.300	1.300
15	9.81	1000	0.150	1.150
20	9.79	998	0.102	1.020
25	9.78	997	0.891	0.894
30	9.77	996	0.800	0.803
35	9.75	994	0.718	0.722
40	9.73	992	0.615	0.656
45	9.71	990	0.594	0.600
50	9.69	988	0.541	0.598

Antes de calcular las pérdidas mediante la ecuación de Darcy-Weisbach es importante determinar el número de Reynolds, definido por Rocha (2007) como un valor adimensional que relaciona las fuerzas inerciales del fluido con su fuerza viscosa para determinar si el fluido experimentará un flujo laminar o turbulento. Se calcula mediante la siguiente expresión:

Donde:

$$N_R = \frac{\vartheta D \rho}{\mu} = \frac{\vartheta D}{\nu}$$

En tuberías:

- Flujo laminar: $N_R < 2000$

- Transición:

$$2000 < N_R < 4000$$

- Flujo turbulento: $N_R > 4000$

- ϑ : Es la velocidad del fluido (m/s)
- D : Es el diámetro de la tubería (m)
- ρ : Es la densidad del fluido (kg/m³)
- μ : Es la viscosidad dinámica (Pa*s)
- ν : Es la viscosidad cinemática (m²/s)

Ecuación 2. - Número de Reynolds

2.2.4 Cálculo de Pérdidas

La mayoría de las ecuaciones que se emplean para el cálculo de pérdidas en las tuberías han sido desarrolladas empíricamente, por lo que los criterios empleados generarán variaciones para el cálculo dependiendo del método empleado. En este documento se presentarán únicamente las ecuaciones de Flamant y Darcy Weisbach, la ecuación de Hazen Williams también es bastante empleada para el cálculo de pérdidas en tuberías, pero no se presentará en este documento principalmente porque se emplea para diámetros mayores a 2”.

En el libro de Carmona (Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones, 2015) se puede encontrar la fórmula de Flamant, que es empleada comúnmente para el cálculo en tuberías de pequeño diámetro de diversos materiales como el acero, cobre, hierro galvanizado y PVC, viene dada por las siguientes expresiones:

$$j = \frac{4 * C * \vartheta^{1.75}}{D^{1.25}}$$

Donde:

$$j = \frac{6.1 * C * Q^{1.75}}{D^{4.25}}$$

- ϑ : Es la velocidad promedio del fluido (m/s)
- D : Es el diámetro de la tubería (m)
- Q : Es el caudal (m³/s)
- C : Coeficiente de fricción del método
- j : Pérdida de carga unitaria (m/m)

Ecuación 3.- Fórmula de Flamant

Más adelante en la sección 0 en la que se hace la revisión de

Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 16 “Norma hidrosanitaria NHE agua”, en la Tabla 13. - Estimación de pérdidas, se puede notar que dentro de los criterios para la determinación de pérdidas la norma hace uso de esta ecuación, y dentro de la misma tabla se encuentran los valores de los coeficientes para el cálculo de pérdidas en tuberías, así como los criterios para calcular las pérdidas en los accesorios según esta normativa, los cuales serán empleados más adelante.

Como se mencionó anteriormente una ecuación ampliamente utilizada para el cálculo de pérdidas es la de Darcy-Weisbach, y puede usarse para flujos con régimen laminar como turbulento. A continuación, se presenta dicha ecuación, (Mott, 2015):

Ecuación de Darcy-Weisbach

Donde:

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{\vartheta^2}{2g}$$

$$j = \frac{f}{D} \frac{\vartheta^2}{2g}$$

- ϑ : Es la velocidad promedio del fluido (m/s)
- D : Es el diámetro de la tubería (m)
- f : Coeficiente de fricción del método
- L : Longitud de la corriente de flujo, es decir de la tubería (m)
- h_L : Pérdida de carga de la tubería (m)
- j : Pérdida de carga unitaria (m/m)

Ecuación 4. - Fórmula de Darcy – Weisbach

El factor de fricción se determina en base al Número de Reynolds y varía si el flujo es laminar o turbulento, en este caso solo se presentarán las ecuaciones para flujo turbulento debido a que ese sería el tipo de flujo presente en las tuberías. La ecuación comúnmente más aceptada para determinar este coeficiente de fricción en régimen turbulento es la de Colebrook-White, pero es una ecuación matemática implícita por lo que para obtener su solución exacta se requieren de varias iteraciones mediante métodos matemáticos para obtener su resultado. También hay una forma gráfica para determinar este valor basada en la ecuación de Colebrook-White, empleando el diagrama de Moody. Por otro lado, Swamee y Jain presentan

una ecuación explícita que permite obtener un resultado aproximado de este valor (Mott, 2015). A continuación, se presentan dichas ecuaciones:

Tabla 6. - Ecuaciones para calcular el coeficiente de fricción para Darcy-Weisbach, régimen turbulento

<p>Ec. Colebrook-White</p> $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{N_R \sqrt{f}} \right)$	<p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • f: Coeficiente de fricción (D-W) • D: Diámetro de la tubería (m) • ε: Rugosidad absoluta (m) • N_R: Número de Reynolds
<p>Ec. Swamee y Jain</p> $f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 * \left(\frac{D}{\varepsilon} \right) + \frac{5.74}{N_R^{0.9}}} \right) \right]^2}$	

En la siguiente tabla se presentan algunos de valores para la rugosidad absoluta de algunos materiales (Mott, 2015):

Tabla 7. - Valores de rugosidad absoluta (ε) de algunos materiales

Material	Rugosidad (ε)	
	Metros (m)	Pies (ft)
Vidrio	<i>Liso</i>	<i>Liso</i>
Plástico	$3.0 * 10^{-7}$	$1.0 * 10^{-7}$
Tubo estirado, cobre, latón, acero	$1.5 * 10^{-6}$	$5.0 * 10^{-6}$
Acero comercial o soldado	$4.6 * 10^{-5}$	$1.5 * 10^{-5}$
Hierro galvanizado	$1.5 * 10^{-4}$	$5.0 * 10^{-4}$
Hierro dúctil - revestido	$1.2 * 10^{-4}$	$4.0 * 10^{-4}$
Hierro dúctil – sin revestir	$2.4 * 10^{-4}$	$8.0 * 10^{-4}$
Concreto, bien hecho	$1.2 * 10^{-4}$	$4.0 * 10^{-4}$
Acero remachado	$1.8 * 10^{-3}$	$6.0 * 10^{-3}$

2.2.5 Redes de Distribución

Son las conexiones de tuberías destinadas para el abastecimiento de agua. Cuando se diseña el sistema de tuberías se debe de buscar y trazar la ruta más directa con el fin de evitar las pérdidas, no solo reduciendo la longitud, sino que también se trata de usar el menor número de accesorios posibles (como codos, uniones, válvulas, etc.) ya que los mismos también generan pérdidas en el sistema, se debe procurar también que la red o ramal central pase por el centro de gravedad del grupo de aparatos sanitarios a abastecer ya que se favorece al recorrido del agua y se pueden emplear diámetros menores (Carmona, Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones, 2015).

Una vez armado el esquema de distribución, se debe localizar el aparato más crítico, el cual es aquel que se encuentra más alejado del punto de abastecimiento de agua (el cual puede encontrarse luego de un tanque elevado o de una bomba) y determinar si la presión que se generaría es aceptable respecto a la presión requerida, y por lo tanto aceptable para el sistema. En caso de que la presión no logre ser suficiente cuando se usen tanques a gravedad es necesario añadir un sistema de bombeo, y si no es suficiente con el sistema de bombeo se debe incluir bombas con mayor potencia de trabajo (Carmona, Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones, 2015).

Carmona (Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones, 2015) también explica que la “*Red Interna*” de distribución es el sistema de distribución de agua mediante tuberías en el interior de una edificación, y que se pueden distinguir los siguientes componentes de esta red:

- Distribuidor: Tubería que se encarga de distribuir el agua desde el tanque hacia tuberías principales o ramales.
- Derivaciones: Tuberías que salen del distribuidor y que se dirigen hacia los puntos de consumo. Generalmente se coloca una válvula de paso general para suspender el servicio en caso de que se requiera realizar operaciones de reparación y mantenimiento. Es recomendable instalar una válvula antes de cada punto de consumo.

- **Ramales:** Son las tuberías encargadas de distribuir el agua de las derivaciones hacia los aparatos sanitarios, por lo que su trazado debe ser lo más simple posible.

Como se mencionó anteriormente se tienen dos tipos de suministro de agua, por gravedad y por bombeo o presión, Carmona (2015) hace las siguientes diferenciaciones entre ambos tipos:

Tabla 8. - Tipos de Suministro de agua

Suministro por Gravedad	Aprovecha la gravedad utilizando la carga hidráulica de un tanque elevado para ejercer presión sobre el sistema, de manera que se logra abastecer el agua al aparato crítico con la ayuda de la gravedad. La carga de presión por gravedad generalmente tiene valores de 2,3,4, y 5 mca.
Suministro por Bombeo	Como los aparatos sanitarios requieren mayor presión para su funcionamiento se toma en cuenta a la presión barométrica del lugar, la cual es la presión atmosférica con correcciones de altura y temperatura del sitio. La presión atmosférica es el peso que ejerce una columna de aire presente en la atmósfera sobre un área, 1 atmósfera (atm) equivale a 10.33 mca, 1.033kg/cm ² , 101 kPa, 760 mm de Hg, 14,7lb, y 12.9 m de acetona. Cuando se trabaja con sistemas de bombeo debe tomarse en cuenta: <ul style="list-style-type: none"> • La altura de succión: Carga requerida para transportar el agua por debajo del eje de la bomba. • La Bomba: Aparato que se encarga de suministrar energía al fluido.

Un fluido es una sustancia que, a diferencia de los sólidos, bajo la acción de una fuerza se deforma permanentemente (Carmona, Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones, 2015), y se pueden distinguir dos tipos:

- **Compresibles:** Su densidad y volumen cambia al ser sometido a alguna fuerza, un ejemplo de este fluido son el aire y los gases.
- **Incompresibles:** Su densidad y volumen permanece constante pese a que se aplique una fuerza sobre él, un ejemplo de este fluido son el agua y los líquidos.

Las bombas únicamente pueden emplearse en fluidos incompresibles, y para el cálculo de la potencia requerida se debe determinar el peso específico del líquido, la altura dinámica total, el caudal y la eficiencia del conjunto motor – bomba (Carmona, Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones, 2015).

2.2.6 Cálculo de la altura de bombeo y potencia de una bomba

Para calcular la altura de bombeo de una bomba (H_b) es importante conocer la ecuación de Bernoulli. Mott (2015) establece que esta ecuación tiene como principio fundamental la conservación de la energía de un sistema, por lo cual se toma en cuenta a tres tipos de energía:

- Energía cinética: por la velocidad y movimiento del fluido
- Energía potencial o geométrica: por la elevación del fluido
- Energía de flujo o piezométrica: por la presión del fluido y su peso específico

Cada una de estas energías puede ser considerada como una altura, de esta manera la ecuación general de Bernoulli se expresa de la siguiente manera (Mott, 2015):

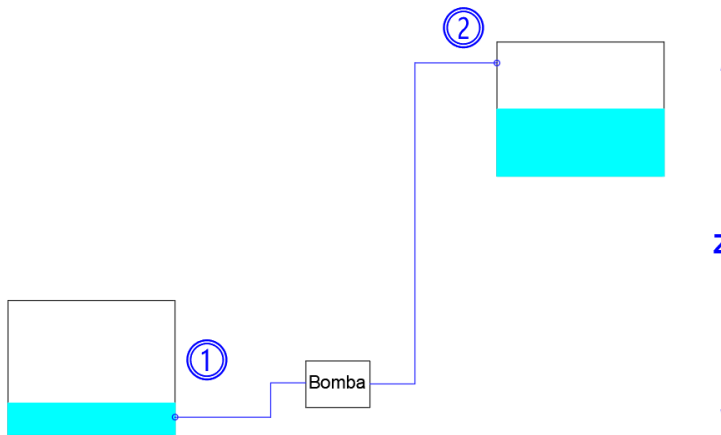
$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

Donde para cada punto de análisis:

- $\frac{p}{\gamma}$: Altura piezométrica
- $\frac{v^2}{2g}$: Altura cinética
- z : Altura geométrica
- p : Presión del fluido (kPa=kN/m²)
- v : Velocidad del fluido (m/s)
- z : Altura (m)
- γ : Peso específico del fluido (kN/m³)
- g : Aceleración de la gravedad (9.81m/s²)

Ecuación 5. - Ecuación de Bernoulli

Con una bomba, la ecuación de Bernoulli tendría el siguiente esquema entre dos tanques:



Para aplicar la ecuación hay que tomar en cuenta dos puntos, el del nivel del tanque inferior, y el punto de salida de agua de la tubería de la bomba, de esta manera si se aplica la ecuación desde el punto 1 la altura piezométrica es igual a z.

Ilustración 1. - Esquema aplicación de Bernoulli en bombas

La ecuación general de Bernoulli no considera las pérdidas por fricción y accesorios del sistema por lo que hay que añadir un término adicional, el de las pérdidas, de esta manera se tendría la siguiente expresión general $\sum(hf + fm)_{1-2}$:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + \sum(hf + fm)_{1-2}$$

Ecuación 6. - Ec. Bernoulli considerando pérdidas

En algunos libros de hidráulica el término de las pérdidas puede encontrarse como una ecuación del sistema hidráulico en la cual se multiplica el caudal al cuadrado (Q^2) por un coeficiente de pérdidas:

$$\sum(hf + fm)_{1-2} = C * Q^2$$

Ecuación 7. - Ecuación del sistema hidráulico

Al aplicar la ecuación de Bernoulli tomando como referencia a la Ilustración 1. - Esquema aplicación de Bernoulli en bombas, se obtiene la siguiente fórmula para calcular la altura de bombeo:

$$H_b = z + \sum (hf + fm)_{1-2} = z + C * Q^2$$

Ecuación 8.- Cálculo de la altura de bombeo

Finalmente, para calcular la potencia requerida por la bomba Mott (2015) presenta la siguiente ecuación:

$$P_b = H_b * \gamma * Q$$

$$P_b = \frac{H_b * \gamma * Q}{\eta}$$

Al considerar que las bombas tienen una eficiencia (η) menor por la disipación de energía en sus componentes mecánicos, la ecuación puede modificarse para considerarla, de manera que al dividir la ecuación para la misma se obtiene de una potencia mayor (ec. inferior).

Ecuación 9.- Potencia requerida de una bomba

2.3 Normativa WASH para escuelas en contextos de bajos recursos

Según Adams, Bartram, Chartier, & Sims (2010) & UNICEF (2012) los estándares WASH en escuelas de bajos recursos deben tener los parámetros presentes en la siguiente tabla:

Tabla 9. - Criterios mínimos para la calidad del agua para escuelas en contextos de bajos recursos

Parámetro	Indicadores y recomendaciones
Calidad del agua El agua debe ser apta para el consumo humano, para cocinar (limpieza y cocción de alimentos), limpieza de las instalaciones escolares, y para el lavado de la ropa	a) Microbiológicos: Escherichia coli (E. Coli) y coliformes fecales no deben encontrarse en una muestra de 100ml. La calidad microbiológica del agua es muy importante para evitar focos infecciosos dentro de las escuelas y debe cumplir las Guías de calidad del agua potable de la OMS (2004). Además, Adams, Bartram, Chartier, & Sims (2010), mencionan que la superficie de recolección

	<p>sea desinfectada periódicamente, junto con las tuberías y el tanque de almacenamiento (manteniendo una limpieza adecuada), para que operen en forma adecuada puede aceptarse el agua lluvia para consumo.</p> <p>b) Tratamiento: Si la fuente no es segura el agua necesariamente debe de tratarse. Para el tratamiento del agua lo más simple y apropiado en las escuelas de bajos recursos es la desinfección con cloro en polvo o granulado, lejía, pastillas de cloro y otras formas de cloración, con un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos después de agregar el cloro para garantizar que la desinfección se realizó en forma adecuada. Según la OMS (2004b) la concentración del cloro residual debe ser de 0.5 a 1 mg/l luego de los 30 min de contacto, puede medirse con la ayuda de un comparador colorimétrico y pastillas de dietil-p-fenilenediamina [DPD]. Finalmente, en cuanto al tratamiento OMS (1997a) también menciona que el agua debe tener poca turbiedad, idealmente se recomiendan valores menores a una unidad nefelométrica de turbiedad (< 1 UNT), el inconveniente es que con materiales sencillos puede medirse como mínimo hasta cinco unidades nefelométricas de turbiedad (5 UNT), por lo que en la práctica es posible que se llegue hasta estos niveles.</p> <p>c) Calidad química y radiológica: El agua presenta criterios aceptables de la OMS presentes en sus guías para la calidad del agua para consumo, en cuanto estándares y niveles aceptables en parámetros químicos como radiológicos. Según Adams, Bartram, Chartier, & Sims (2010) algunos componentes químicos como arsénico, fluoruro y nitratos pueden encontrarse por encima de los</p>
--	--

	<p>niveles recomendados en fuentes de agua por lo que hay que eliminarlos o encontrar una fuente alternativa.</p> <p>d) Aceptabilidad: El agua no presenta sabores, olores ni colores que sean desagradables para los consumidores, en este caso los estudiantes y el personal.</p> <p>e) Otros propósitos: Si el agua no cumple los estándares para consumo y no se encuentra demasiado contaminada puede usarse para la limpieza, lavado y desinfección de las instalaciones o de la ropa de los estudiantes, Es importante que el agua que no cumpla con los parámetros para consumo no se use para beber, lavado de manos, bañarse, cocinar o lavado de utensilios de cocina.</p>
<p>Cantidad de agua</p> <p>En las escuelas la normativa WASH establece que en todo momento se debe contar con la suficiente cantidad de agua para consumo, higiene, cocción y preparación de alimentos, así como para limpiar y lavar la ropa por lo que contempla las siguientes dotaciones:</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Personas: <ul style="list-style-type: none"> ○ Escuelas diurnas: 5 litros por persona por día ○ Escuelas de internado: 20 litros por persona por día ● Instalaciones: <ul style="list-style-type: none"> ○ Descarga de inodoros convencionales: 10-20 litros por persona por día ○ Descarga de inodoros de sifón: 1.5-3 litros por persona por día ● Limpieza y lavado anal: <ul style="list-style-type: none"> ○ 1-2 litros por persona por día <p>Las cantidades anteriores fueron proporcionadas por el Programa Mundial de Alimentos (PMA), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) & Organización Mundial de la Salud</p>

	<p>(1999), considerando las necesidades para el consumo, lavado de manos, limpieza, y en el caso de internados para la preparación de alimentos y lavado de ropa, las cifras son útiles en la planificación y diseño del sistema. Las cantidades reales pueden variar de acuerdo con el clima, instalaciones y prácticas higiénicas. En caso de requerirse cantidades adicionales de agua, estas deben de ajustarse de acuerdo con las necesidades y demandas de cada escuela.</p>
<p>Acceso al agua Las instalaciones deben contar con suficientes puntos de abastecimiento y de recolección de agua para consumo, higiene, preparación de alimentos, limpieza y saneamiento, y en el caso de requerirse también para el lavado de ropa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se encuentran puntos de agua seguros (agua potable), con acceso a jabón u otras alternativas viables (como la ceniza) en todos los baños y cocinas (Lugares críticos). • Los puntos de agua son cercanos, es decir que todo el personal escolar, docente y administrativo puede acceder a cualquier punto de agua todo el tiempo, esto también incluye a los estudiantes o personal con discapacidades.
<p>Promoción de higiene Se usan y mantienen las instalaciones sanitarias adecuadamente, además se las toma en cuenta como un recurso de educación en los aspectos de higiene</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En los temas educativos, la escuela incluye a prácticas higiénicas adecuadas, enseñándolas a sus estudiantes (en planes de estudios) • Se imparten conductas higiénicas positivas para los estudiantes, docentes y personal administrativo, como el buen uso y mantenimiento de las instalaciones • Se practican hábitos de prevención de enfermedades entre estudiantes, docentes y personal administrativo

	<p>La participación en temas de higiene y saneamiento de los estudiantes y el personal fomenta hábitos y aptitudes de vida saludables.</p>
<p>Instalaciones de Saneamiento (Inodoros) Deben ser suficientes, accesibles, privados, seguros y culturalmente apropiados para los estudiantes, docentes y el personal administrativo</p>	<p>Los inodoros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Son suficientes, disponibles: <ul style="list-style-type: none"> ○ 1 inodoro para 25 niñas, adolescentes o mujeres ○ 1 inodoro y 1 urinal (o pared de 50cm adaptada para orinar) por cada 50 niños, adolescentes u hombres • Son accesibles, es decir, no se encuentran a más de 30m de todos los usuarios. Estos se encuentran lo más cerca posible a instalaciones como salones de clase, zonas de juego, patios, coliseos, etc. • Proveen seguridad y privacidad. De esta manera se reducen riesgos de violencia sexual, por lo que deben contar con adecuada iluminación, caminos accesibles y cerraduras internas. • Son amigables con estudiantes, docentes y personal administrativo, manteniendo el respeto de las costumbres sociales y culturales de la localidad. • Son higiénicos y fáciles de limpiar, de esta manera evitan la propagación de enfermedades. Se recomienda que las superficies de materiales sean lisas y duraderas para facilitar la limpieza.

	<ul style="list-style-type: none"> • Cuentan con instalaciones para el lavado de manos luego de su uso. Un inodoro no es funcional si no se cuenta con agua, jabón y drenaje adecuado luego de su uso, ya que la actividad debe ser sistemática para evitar enfermedades. • Mantienen una rutina de limpieza y mantenimiento, asegurando su buen funcionamiento todo el tiempo. Debe emplearse desinfectante por lo menos una vez al día, no es necesario que el desinfectante sea muy fuerte o que se use en cantidades grandes, ya que resulta costoso, peligroso y puede dañar el sistema de desagües o los materiales. En caso de no contar con desinfectante la limpieza debe hacerse restregando con un cepillo y agua fría. Para los estudiantes no debe ser una forma de castigo ya que involucrarse activamente en este proceso genera hábitos.
<p>Control de vectores Se evita la propagación de enfermedades a través de emisores potenciales, protegiendo a estudiantes, personal y visitantes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad de vectores reducida. Esto se realiza con métodos de control básicos como una eliminación correcta de excretas, higiene en procesos de lavado y preparación de alimentos, adecuada gestión de los desechos sólidos y poda continua de la vegetación. Para evitar mosquitos se debe cerrar ventanas, evitar formaciones de pozos o estanques de agua que ayuden a generar huevos, y fumigar, pero esto último debe de realizarse siempre con la ayuda de un especialista. • Los estudiantes y el personal se encuentran protegidos de transmisores de enfermedades potencialmente peligrosos. Por ejemplo, al cubrir recipientes se genera una barrera que evita la contaminación de alimentos por contacto con ratas o moscas.

	<ul style="list-style-type: none"> • Se evita el contacto con agentes infecciosos. En caso de identificarse a alguna persona enferma, se evita su concurrencia hasta que termine su periodo de contagio.
<p>Limpieza y disposición de desechos</p> <p>El entorno educativo siempre se encuentra limpio y seguro</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aulas y lugares de enseñanza se limpian periódicamente disminuyendo el polvo y el moho • Se evita la presencia de objetos cortopunzantes o peligrosos dentro y fuera de las instalaciones • Diariamente se recogen los desperdicios sólidos de las instalaciones para desecharlos de forma segura • Aguas residuales se desechan segura y rápidamente

2.4 Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 16 “Norma hidrosanitaria NHE agua”

2.4.1 Generalidades

A continuación, se mencionan algunos criterios mínimos presentes en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11), Capítulo 16, Norma Hidrosanitaria NHE Agua del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2011), la cual es una norma técnica que rige en el país para regular los diseños, como la implementación de las instalaciones hidrosanitarias para garantizar que puedan funcionar en condiciones normales, así como facilidades de operación y mantenimiento.

La norma es aplicable para cualquier instalación nueva, así como para instalaciones antiguas que requieran de rehabilitación o ampliación. Cualquier procesamiento o materia no presente en la norma puede ser implementado en el país siempre y cuando el ingeniero o consultor que diseñe el sistema justifique, demuestre y analice la validez del diseño o método junto con el fiscalizador, caso contrario debe ceñirse a lo que se menciona en la norma como criterios mínimos.

La norma presenta parámetros mínimos a considerar en cuanto al diseño y construcción de las instalaciones hidrosanitarias para que su funcionamiento sea óptimo tanto en cantidad

como calidad suficientes de agua durante las condiciones normales de operación de las instalaciones.

2.4.2 Definiciones requeridas

El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2011), presenta una terminología básica para las instalaciones sanitarias, la cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 10. - Definiciones básicas para Instalaciones Hidrosanitarias

<p>Agua: Es un compuesto químico que se encuentra conformado por dos partículas de hidrógeno (H) y una de oxígeno (O) – [H₂O]. También puede contener a otros materiales sólidos, líquidos o gaseosos presentes en forma de solución o de suspensión. En las instalaciones sanitarias puede distinguirse los siguientes tipos de agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua Cruda: Mantiene las características naturales del sitio donde es recolectada (estas características son: físicas, químicas, biológicas, radiológicas y microbiológicas) • Agua de Escurrimiento: También conocida como agua de escorrentía, es el agua que circula por el suelo y no puede infiltrar cuando hay lluvias. • Agua Lluvia: Proveniente de las precipitaciones en forma de gotas, cae desde la atmósfera. • Agua Potable: Es el agua apta para el consumo humano, en Ecuador la NTE INEN 1108 presenta los requisitos mínimos. • Agua Pura: Es el agua que luego de ser tratada y purificada posee las características más adecuadas para el consumo. Careciendo de microorganismos, impurezas, partículas suspendidas y de minerales que puedan causar la contaminación del agua o ser tóxicos para el consumo.
<p>Alcantarillado: Es un ducto o tuberías que se emplea para el flujo de los líquidos generados por el uso y disposición de agua para la higiene y saneamiento (aguas servidas), o para la evacuación de las precipitaciones en estructuras (aguas lluvias). Entre el alcantarillado se puede distinguir la siguiente terminología:</p>

- Colectora: Es la tubería o ducto principal que recibe las descargas de los ramales que disponen el agua utilizada de los puntos de desagüe
- Ramal: Tubería encargada de descargar el agua utilizada desde el inmueble o instalaciones hidrosanitarias, y de disponerla al tubo colector para transportarla al sistema de alcantarillado público
- Alcantarillado Pluvial: Tubería que recibe las precipitaciones de las lluvias y de la escorrentía
- Alcantarillado Sanitario: Encargado de recibir el agua residual (servidas) desde los inmuebles o instalaciones sanitarias.
- Alcantarillado Combinado: Se encarga de recibir las aguas servidas y agua proveniente de las lluvias (precipitaciones). No se recomienda este tipo de alcantarillado en la actualidad. En la norma solo se menciona que “se encarga del agua servida”, y no del agua lluvia, lo cual es incorrecto.

Alimentador: Tramo de tubería encargada del abastecimiento de agua hacia el nudo de regulación desde un depósito que almacene agua, como un tanque (elevado / encima de la superficie) o cisterna (enterrado).

Diámetro Nominal: Medida recta del centro de una circunferencia, viene dada por el fabricante de las tuberías. Puede ser:

- Diámetro Nominal Interno (DNI): Medida promedio de la circunferencia de la tubería en su parte interna que se encontrará en contacto con el fluido que circulará por la tubería, por lo tanto, es el diámetro que debe usarse para los cálculos.
- Diámetro Nominal Externo (DNE): Es la medida promedio de la circunferencia de la tubería en su parte externa.

Línea Hidráulica: Comprende a todo el sistema de tuberías, accesorios y válvulas que distribuyen agua en la red de distribución en uno de sus tramos.

<p>Bajante: Tubería que abastece a la red de abastecimiento de agua desde un tanque superior. También puede ser una tubería destinada a la evacuación del agua del inmueble, el agua puede ser provenientes de aguas lluvias, o aguas servidas de un aparato sanitario.</p>
<p>Mueble o aparato sanitario: Son dispositivos que requieren de agua para su funcionamiento, según la NEC 2011, estos se encuentran especificados en la Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización NTE INEN 1569.</p>
<p>Nudo de consumo: Es un punto localizado en la red donde se encontrará un abastecimiento y por tanto una demanda de agua para suministros, por lo que se necesitará un caudal y presión adecuados. También pueden definirse los nudos de consumo como aquellos puntos de conexión de los aparatos sanitarios.</p>
<p>Nudo de regulación, monitoreo y control interno: Se encuentra cerca de los tanques de almacenamiento de agua y tratan de controlar la presión del sistema como flujo de agua, se encuentra constituido por un conjunto de accesorios como un filtro, válvula de presión, válvulas de aire, llave de corte interna, un contador general o banco de contadores, y una válvula check o antirretorno.</p>
<p>Red pública de distribución o ramal predial: Es la tubería que pertenece al sistema de agua potable público y que se encuentra conectada a la cometida (enlace entre el suministro de agua público y el interior del inmueble).</p>
<p>Ramales: Líneas hidráulicas que tienen abastecimiento de agua desde un montante (columna de distribución, es una tubería vertical principal de la red para alimentar a ramales, que asciende en los edificios), o desde una tubería principal que permite el suministro de agua a muebles sanitarios, puntos de consumo o a subramales. A medida que se va ramificando la instalación, los diámetros van disminuyendo, por lo tanto, la tubería principal o montante, siempre tendrá mayor diámetro que los ramales.</p>

Alimentación principal:

Conexión desde la válvula de retención del sistema de almacenamiento de agua (tanque), hacia la tubería principal. En la NEC se especifica hacia el montante, debido a que esta norma se centra en edificios de altura. El material de la alimentación puede ser de: acero galvanizado (AG), policloruro de vinilo clorado (PVC-C), polietileno reticulado (PER), polipropileno (PP), polibutileno (PB), o policloruro de vinilo (PVC)

Instalaciones particulares:

Líneas hidráulicas que recorren zonas de subdivisión y abastecen a ramales, subramales y derivaciones con su respectiva llave de corte hacia los nudos de consumo. Pueden ser de PVC-C, PER, PP, PB, PVC o cobre protegida e identificada con pintura según la NTE INEN 1045. Las uniones de tubería por rosca deben de cumplir los requisitos de la NTE INEN 0117.

Para referencias de diámetros deben cumplir según el material:

- Acero galvanizado: Norma ASTM A53 & NTE INEN 2470
- PVC: NTE INEN 1369 & 1370

Las instalaciones se componen de:

- Válvula de corte interna: Llave interior en las instalaciones que permite la suspensión del suministro internamente
- Líneas hidráulicas internas: Son derivaciones propias de las instalaciones para el abastecimiento interior de agua hacia los muebles sanitarios y nudos de consumo internos
- Puntos de reducción de presión: Son puntos de la red donde se colocan válvulas reguladoras de presión en los tramos de tubería que abastecen a los nudos de consumo, evitando sobrepresiones y daños en las tuberías
- Puntos de consumo: Son las salidas de agua que suministran del recurso al usuario

Muebles sanitarios/Aparatos sanitarios:

Son dispositivos que requieren suministro de agua para su consumo y brindar el servicio a los usuarios (por ejemplo, lavamanos, grifo, duchas, urinarios, inodoros, bidés, lavadoras, entre otros). Estos dispositivos generan aguas servidas que requieren de un desagüe

2.4.3 Dimensionamiento de la Estructura Hidrosanitaria

Para garantizar el correcto funcionamiento de la red hidrosanitaria la NEC establece ciertos requisitos mínimos a considerar:

El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI, NEC-2011, p. 15), presenta en la tabla 16.1 de la norma los caudales instantáneos mínimos de funcionamiento, la tabla es presentada a continuación:

Tabla 11. - Tabla 16.1 de la NEC-2011 Norma Hidrosanitaria NHE Agua (fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda)

Norma Hidrosanitaria NHE Agua

Aparato sanitario	Caudal instantáneo mínimo (L/s)	Presión		Diámetro según NTE INEN 1369 (mm)
		recomendada (m c.a.)	mínima (m c.a.)	
Bañera / tina	0.30	7.0	3.0	20
Bidet	0.10	7.0	3.0	16
Calentadores / calderas	0.30	15.0	10.0	20
Ducha	0.20	10.0	3.0	16
Fregadero cocina	0.20	5.0	2.0	16
Fuentes para beber	0.10	3.0	2.0	16
Grifo para manguera	0.20	7.0	3.0	16
Inodoro con depósito	0.10	7.0	3.0	16
Inodoro con fluxor	1.25	15.0	10.0	25
Lavabo	0.10	5.0	2.0	16
Máquina de lavar ropa	0.20	7.0	3.0	16
Máquina lava vajilla	0.20	7.0	3.0	16
Urinario con fluxor	0.50	15.0	10.0	20
Urinario con llave	0.15	7.0	3.0	16
Sauna, turco, ó hidromasaje domésticos	1.00	15.0	10.0	25

Nótese que para el caso de escuelas los aparatos sanitarios más importantes son los inodoros, lavabos y los urinarios. Pero por otro lado habrá de considerarse en ciertas escuelas si es que estas cuentan con duchas o fregaderos de cocina.

Estos caudales instantáneos mínimos como las presiones indicadas en la tabla, según la norma garantizarán las condiciones normales del funcionamiento del sistema hidrosanitario.

Además, deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones según el MIDUVI (NEC-2011) para el diseño y dimensionamiento del sistema:

- Toda unidad de consumo y mueble sanitario debe contar con una llave de corte para facilitar reparaciones del sistema.
- Se debe incrementar el caudal instantáneo 1.67 veces cuando el aparato sanitario se diseña para uso público.
- Si la presión en la red es insuficiente se debe incorporar un sistema de bombeo.
- La presión en la red en cualquier nudo de consumo punto de consumo no debe ser mayor a 50 mca y siempre debe considerarse la presión residual del fabricante.
- Toda tubería y accesorios instalados debe soportar una presión de 150 mca debido a que se garantiza la resistencia a la presión de servicio y alguna presión generada por fenómenos transitorios golpes de ariete que podrían experimentar el sistema y por lo tanto deteriorarlo.
- La “velocidad de diseño” debe comprenderse entre 0.6 a 2.5 metros sobre segundo (m/s) el valor óptimo es de 1.2 m/s y en la velocidad en cada acometida debería ser de al menos 1.5 m/s.

Finalmente, en cuanto al dimensionamiento de las instalaciones hidrosanitarias el MIDUVI (NEC-2011, p. 21-22) presenta las siguientes ecuaciones para la estimación de caudales y pérdidas que se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 12. - Estimación del Caudal Máximo Probable y del Coeficiente de Simultaneidad

<p>Caudal máximo probable (QMP):</p> $Q_{MP} = k_s * \sum q_i$ <p>Coeficiente de simultaneidad (ks):</p> $k_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F * (0.04 + 0.04 * \log(\log(n)))$	<p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • n: Es el número total de aparatos abastecidos • k_s: Es el coeficiente de simultaneidad, varía entre 0.1 y 1 • q_i: Caudal mínimo de los aparatos abastecidos • F: Factor que tiene diferentes valores en función del uso o metodología de análisis 														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Uso o metodología</th> <th>Valor de F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Norma Francesa NFP 41204</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Edificios de oficinas y semejantes</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Edificios habitacionales</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Hoteles, hospitales y semejantes</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Edificios académicos, cuarteles y semejantes</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Edificios e inmuebles con valores de demanda superiores</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>		Uso o metodología	Valor de F	Norma Francesa NFP 41204	0	Edificios de oficinas y semejantes	1	Edificios habitacionales	2	Hoteles, hospitales y semejantes	3	Edificios académicos, cuarteles y semejantes	4	Edificios e inmuebles con valores de demanda superiores	5
Uso o metodología	Valor de F														
Norma Francesa NFP 41204	0														
Edificios de oficinas y semejantes	1														
Edificios habitacionales	2														
Hoteles, hospitales y semejantes	3														
Edificios académicos, cuarteles y semejantes	4														
Edificios e inmuebles con valores de demanda superiores	5														

Tabla 13. - Estimación de pérdidas

<p>Cálculo de pérdidas de carga por longitud (mca) en tuberías:</p> $h_f = m * L * \left(\frac{V^{1.75}}{D^{1.25}} \right)$ <table border="1" data-bbox="240 594 756 930"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Constante (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Acero</td> <td>0.00070</td> </tr> <tr> <td>Acero galvanizado (varios años de uso)</td> <td>0.00092</td> </tr> <tr> <td>Cobre</td> <td>0.00056</td> </tr> <tr> <td>Plástico</td> <td>0.00054</td> </tr> </tbody> </table>	Material	Constante (m)	Acero	0.00070	Acero galvanizado (varios años de uso)	0.00092	Cobre	0.00056	Plástico	0.00054	<p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • V: Es la velocidad en las tuberías (m/s) • D: Diámetro interno de la tubería (m) • L: Longitud de la tubería (m) • m: Constante que depende del material de la tubería
Material	Constante (m)										
Acero	0.00070										
Acero galvanizado (varios años de uso)	0.00092										
Cobre	0.00056										
Plástico	0.00054										
<p>Cálculo de longitudes equivalentes de los accesorios (m):</p> $L_e = \left(A * \left(\frac{d}{25.4} \right) \pm B \right) * \left(\frac{120}{C} \right)^{1.8519}$	<p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • L_e: Longitud equivalente (m) • A, B: Factores que dependen del tipo de accesorio • D: Diámetro interno del accesorio (mm) • C: Coeficiente del material <ul style="list-style-type: none"> ○ Acero: 120 ○ Plástico: 150 										

Tabla 16.4 (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2011, p. 22)

Accesorio	Factor A	Factor B
Codo de 45°	0.38	+ 0.02
Codo radio largo 90°	0.52	+ 0.04
Entrada normal	0.46	- 0.08
Reducción	0.15	+ 0.01
Salida de tubería	0.77	+ 0.04
Tee paso directo	0.53	+ 0.04
Tee paso de lado y tee salida bilateral	1.56	+ 0.37
Tee con reducción	0.56	+ 0.33
Válvula de compuerta abierta	0.17	+ 0.03
Válvula de globo abierta	8.44	+ 0.50
Válvula de pie con criba	6.38	+ 0.40
Válvula de retención	3.20	+ 0.40

2.4.4 Dimensionamiento de tanques de almacenamiento

El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (NEC-2011) establece que se debe considerar un volumen correspondiente para un consumo y suministro de 24 horas (1 día) y presenta las siguientes consideraciones para el depósito:

- El tanque debe diseñarse y construirse tomando en cuenta las consideraciones estipuladas, para garantizar la potabilidad del agua.
- Las dotaciones para el dimensionamiento del tanque se describen en la tabla 16.2 (p.16 de la norma), puede destacarse la dotación requerida en escuelas y colegios de 20 a 50 litros por estudiante por día.
- El llenado del tanque debe ser controlado ya sea por una bomba o flotador u otro dispositivo que se abra o se cierre, como una electroválvula o válvulas de altitud con su respectivo filtro de protección. Es importante que previo a la colocación de cada tanque, se instale una válvula o llave de compuerta para evitar sobrepresiones y facilitar la limpieza del tanque y que aguas abajo del tanque se instale una llave de cierre para reparaciones y mantenimientos, así como un sistema de filtros en línea en caso de que se requiera mejorar la calidad del agua. En este caso el agua lluvia debe ser apta para consumo por lo que los filtros también ayudarán al óptimo servicio del sistema.
- El abastecimiento del agua (alimentación) se realiza por encima del nivel de rebose del tanque y la salida del tanque se encuentra en la parte inferior del mismo.
- Todo depósito atmosférico (es decir, que no se encuentre presurizado) debe estar adecuadamente ventilado y también se debe incluir sistemas de rebose (desbordes) mediante conductos con una distancia de 10 cm entre la tapa el depósito y el tope del conducto. El diámetro del conducto de rebose debe ser mayor o igual al diámetro del conducto de abastecimiento, además este diámetro no puede ser menor a 50 mm.
- En el tanque debe evitarse el ingreso de insectos, animales o contaminantes
- La norma específica, que el tanque debe diseñarse para que el agua no permanezca almacenada por más de 24 horas, pero realizando un contraste con los sistemas de aguas lluvias esto no puede realizarse debido a que el objetivo es conservar el agua también en épocas secas, por lo que se debería tener cuidados especiales con el agua del tanque.

- En caso de tener un “*depósito enterrado o semi enterrado*” este debe construirse con materiales adecuados que resistan cargas de los materiales y que estén debidamente impermeabilizados, lo que evita el deterioro de la calidad del agua. La entrada a este depósito debe ser mínimo de 60x60 cm para permitir el ingreso de personas que ejecuten operaciones de reparación, mantenimiento o limpieza, es decir, la infraestructura debe facilitar la limpieza periódica del depósito. Estos depósitos deben separarse como mínimo 50 cm de los conductos de aguas negras.
- Se debe colocar un drenaje en la solera o fondo del depósito, el depósito debe separarse mínimo 2 m con respecto a muros de lindero, y las paredes no pueden ser porosas ni absorbentes.

2.5 Norma técnica para diseño de ambientes educativos

En este capítulo se describirán brevemente algunas recomendaciones importantes para el diseño, construcción y mantenimiento de las instalaciones sanitarias de las escuelas, según las directrices de Water Aid (2019):

Tabla 14. - Directrices técnicas para la construcción de las instalaciones sanitarias

Participación de los usuarios en el diseño	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar el contexto cultural de los usuarios para determinar sus necesidades concretas. Como, por ejemplo, el material e instalaciones preferidas, materiales para higiene (agua, papel, entre otros), preferencias de ubicación, etc. • Implicar a los usuarios en fases de diseño, construcción, funcionamiento y mantenimiento (participación activa de los usuarios y colaboradores). • Verificar algún código o normativa local que deba aplicarse para el diseño (legislaciones pueden determinar tecnologías en la región).
Número de instalaciones requeridas	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar los costos de las instalaciones en base a las necesidades, comparar el área requerida con el área disponible, así como la capacidad logística para la construcción.

	<ul style="list-style-type: none"> • Garantizar que las instalaciones sean accesibles sin ocasionar congestiones, separar las instalaciones de acuerdo con el género (se incrementa el número de facilidades sanitarias para atender a hombres y mujeres), y priorizar a sectores con discapacidad (se incrementan instalaciones específicas debido a necesidades especiales). • Planificar en base al número de personas que utilizarán las instalaciones, para determinar la cantidad de urinarios, lavamanos, zonas de baño, zonas de lavado, zonas de higiene menstrual y drenaje del agua utilizada.
Diseño del retrete	<ul style="list-style-type: none"> • En base a la capacidad económica de la institución pueden usarse diversas tecnologías para la eliminación de las excretas como: pozo simple, letrina mejorada con ventilación, letrina elevada, letrina con cierre hidráulico, inodoro seco con desviación de la orina, fosas sépticas o biodigestores. Los anteriores sistemas son recomendables cuando no hay disponibilidad de alcantarillado (como en las zonas rurales), pero siempre es lo óptimo conectar los retretes directamente a un sistema de alcantarillado. • Se tiene que considerar normativas locales y contextos culturales para determinar el tipo de letrina como de inodoro. • Las instalaciones de los retretes deben ser fácilmente replicables como construibles para aumentar la cobertura en la comunidad • Se brinda seguridad y privacidad para los usuarios (en especial a mujeres y niñas). • Las instalaciones deben de contar con una ventilación apropiada • Se evita la contaminación del suelo y tierra circundante a las instalaciones, manteniendo la calidad del nivel freático y acuíferos • Las instalaciones son accesibles a pesar de condiciones adversas del clima.

Sostenibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe proyectar el funcionamiento de las instalaciones a largo plazo, equilibrando el costo inicial con el costo futuro de operación y mantenimiento (gastos en reparaciones e incluso diarios como uso de jabón, papel, material y sueldos para personal de limpieza, etc.) • Instalaciones son técnicamente viables desde sus inicios, y en su etapa de funcionamiento • Determinar responsabilidades, para el mantenimiento y funcionamiento correcto de las instalaciones desde sus inicios • Las mejores instalaciones son las que son durables, fáciles de mantener, limpiar y aquellas con un funcionamiento simple.
----------------	--

2.6 Sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias

2.6.1 Descripción general

Actualmente, se presenta una problemática en cuanto al consumo del agua ya que, si bien se dispone del recurso, hay la preocupación de que en un futuro se vuelva escasa e incluso llegue a agotarse debido a su demanda y al crecimiento poblacional, es por esto por lo que en la actualidad hay un gran énfasis en el concepto de sostenibilidad, para buscar el bien de las poblaciones futuras y el ahorrar recursos (GrowNYC, 2018). The Cabell Brand Center (2007) menciona que el agua no es un recurso inagotable, por lo que hay que buscar todos los medios para captarla y aprovecharla para los distintos usos en los que se requiere, un medio sostenible de abastecimiento de agua son los sistemas de captación de aguas lluvias (SCALL).

La captación de agua lluvia consiste básicamente en capturar o desviar las precipitaciones que se dan en un área determinada para conducir las hacia un almacén o depósito, generalmente un tanque en el que se guarda el agua para usos domésticos e incluso agrícolas como riego, huertos, invernaderos, entre otros (Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile, INIA, 2016).

Estos sistemas se usaban incluso en civilizaciones antiguas, pero con el paso de los años se los ha ido dejando en el olvido. Un ejemplo de aplicación de los SCALL son los sistemas ancestrales que han aplicado distintas culturas en distintas épocas para obtener agua para el consumo de las poblaciones e incluso para fines agrícolas, en Latinoamérica se puede mencionar a la cultura Azteca, ya que en la ciudad de Tenochtitlán se canalizaba el agua mediante canales naturales y artificiales, que captaban y retenían el agua de lluvia (ALL) para desviarla y aprovecharla en los campos de cultivo (Gutiérrez, 2014).

Además, según The Cabell Brand Center (2007) los SCALL sirven como alternativas de abastecimiento de agua descentralizados, los cuales a largo plazo (en el futuro) serán necesarios para satisfacer las necesidades de agua ecológicamente viables, es decir sustentables.

Según GrowNYC (2018) se pueden mencionar al menos tres razones principales para recolectar el ALL, las cuales son las siguientes:

- *Se reduce la contaminación:* En el caso de las grandes ciudades se podrían aprovechar los grandes volúmenes de agua que se producen en las precipitaciones, los cuales son recolectados por alcantarillados combinados en donde se mezclan aguas servidas con las ALI saturando los sistemas de tratamiento.
- *Conservar el agua:* En vez de dejar que toda el agua se infiltre en el suelo y que se desperdicie, se puede almacenar el recurso y aprovecharlo para ahorrar costos y eliminar el estrés en los reservorios de agua.
- *Educar al público:* Se puede utilizar los SCALL como un medio de educación sobre la contaminación y conservación de los recursos, los cuales son problemas actuales. Mucha gente no sabe de donde proviene este recurso y dónde se dispone luego de su uso, por esto con estos sistemas se puede generar conciencia en cuanto contaminamos, y cuánta agua puede desperdiciarse en los hogares, jardines, etc.

Según el Ministerio de Agua y Medioambiente de Uganda (2017) en el sector rural, los SCALL resultan ser más importantes porque son simples y convenientes, el agua captada tiene una mejor calidad y sabor, y menciona una serie de ventajas y desventajas que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 15. - Ventajas y desventajas de los Sistemas de Captación de Aguas Lluvias

Ventajas de los SCALL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La tecnología tiene bajo costo cuando se implementa en viviendas y en instituciones. ✓ Los usuarios cuentan con agua más segura, de mayor calidad e incluso se tienen SCALL que han tenido duraciones de hasta 10 años. ✓ Se ahorra tiempo en los casos donde el agua debe obtenerse de alguna fuente lejana (ríos, manantiales, pozos, entre otros). ✓ El usar SCALL en instalaciones domésticas o institucionales brinda una mejor operación y mantenimiento de las instalaciones sanitarias. ✓ En épocas de lluvia, la presencia de mayor cantidad de agua fomenta a los usuarios a tener un mayor consumo de agua lo que conlleva a tener mayores beneficios en la salud por las prácticas higiénicas asociadas. ✓ Se desarrollan nuevas habilidades en la comunidad y se brinda empleo a los albañiles del sector. ✓ El acceso a una fuente segura de agua viene asociado con mejoras en la salud. ✓ Promueve la producción agrícola y genera empleo. ✓ La calidad del agua lluvia es superior a la calidad de fuentes rurales, teniendo un mejor sabor, calidad química adecuada y en caso contener material bacteriano contiene hasta 10 coliformes fecales en 100ml, cantidad considerada de "bajo riesgo" por la OMS.
Desventajas de los SCALL	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Los sistemas de almacenamiento son costosos. ✗ Los SCALL dependen de las precipitaciones, por lo que hay periodos en el año en los que no podrán suministrar de agua a los usuarios. ✗ La calidad del ALL depende directamente de la limpieza de la superficie de captación, por lo que debe limpiarse de forma regular.

The Cabell Brand Center (2007) también menciona que el ALL es naturalmente suave, no contiene sodio, es ligeramente ácida (pH de 6.3-6.8), y que contiene pocos contaminantes como bacterias, lo que la vuelve ideal para consumo en su estado puro. El problema es la suciedad del sistema de captación (techo, canaletas, tuberías, o tanque), que podrían contaminar el agua por esto es sumamente importante la limpieza periódica del sistema.

2.6.2 Concepción

Los SCALL no son nuevos, pero su tecnología se ha ido perfeccionando en los últimos años, desde la recolección de agua en pequeños recipientes y filtrarla para el consumo, hasta los grandes proyectos de infraestructura verde como, según menciona Ulacia (2014), son sistemas pasivos de captación y aprovechamiento de ALL en los que se capta, conduce y almacena el ALL en las grandes ciudades, evitando las escorrentías en el pavimento y aprovechando de mejor forma el recurso. Es así como, estos sistemas pueden ser de lo más simple hasta lo más complejo, pero básicamente tienen la misma filosofía para su funcionamiento, el recolectar el ALL a través de una superficie de captación, transportarla mediante tuberías o canales, y de almacenarla en un contenedor (Ulacia, 2014).

El SCALL considerado para las escuelas de la Zona 1 del Ecuador se conformará por los siguientes componentes:

- Una superficie de captación, la cual básicamente será el techo de las instituciones educativas. Pero en el caso de que el techo no cumpla con los requerimientos de captación, se puede realizar con otros medios (por ejemplo, uso de plásticos y pingos que formen una estructura que capte el agua).
- Sistemas de canaletas tuberías que conduzcan el agua hacia un depósito de almacenamiento y fuera del mismo, así como un bajante que lleve el agua al tanque.
- Un depósito de almacenamiento, en este caso un tanque preferiblemente de plástico prefabricado para implementarlo rápidamente.
- Filtros para retención de partículas y residuos que se encuentren suspendidos en el agua.
- Un desviador de las primeras ALL que limpie los restos de polvo, hojas, o de excrementos de animales que se puedan encontrar presentes en el techo.

- Aireadores para evitar la presurización del tanque (para este caso en el que se quiere evitar los sistemas de bombeo).
- Tuberías o sistemas de rebose, con los cuales se expulse el exceso de agua en caso de alguna precipitación excesiva que llene al tanque.

2.6.3 Diseño

El ALL captada puede estar destinada a distintos usos como el lavado de manos, para consumo, para baños, para duchas, para la construcción y también puede emplearse para fines agrícolas. En las escuelas fiscales rurales de la Zona 1 principalmente se ocupará para el consumo, limpieza e higiene por lo que hay que considerar factores adicionales en el diseño que garanticen una buena calidad del agua, ya que los materiales y elementos empleados ayudarán o podrían empeorar la calidad del agua. Las consideraciones se describirán brevemente de acuerdo con cada componente del sistema en este subcapítulo.

2.6.4 Tipos de contaminantes en los SCALL

La calidad del agua de estos sistemas es importante para garantizar la salud y el bienestar de la población escolar, por lo tanto, debe de seguir los mismos parámetros establecidos por la UNICEF (2012) & la OMS (2004) que se mencionaron anteriormente, mediante lo cual el agua básicamente deberá cumplir con los siguientes parámetros:

- No está contaminada con bacterias de origen fecal.
- No cuenta con vectores como mosquitos o larvas que propaguen enfermedades.
- No hay químicos, sustancias químicas o sustancias radiológicas perjudiciales para la salud de los consumidores.
- El agua no presenta mal olor ni sabor.

Por esto el Daily & Wilkins (2012) recomiendan que en caso de requerir agua para consumo (como es el caso de las escuelas) todos los materiales del SCALL cuenten con certificación de grado alimentario y que el agua sea tratada para cumplir estándares de calidad.

Mosley (2005) menciona los siguientes tipos de contaminantes comúnmente presentes en los SCALL en la siguiente tabla, con el fin de tomar acciones en el diseño para que no se introduzcan al sistema:

Tabla 16. - Tipos de contaminantes comunes en los SCALL

Contaminante	Fuente	Riesgo:
Polvo y ceniza	<ul style="list-style-type: none"> • Polvo y vegetación circundante • Actividad volcánica 	Moderado: puede mitigarse con un mantenimiento adecuado de canaletas y un desviador de las primeras aguas.
Bacterias	<ul style="list-style-type: none"> • Excremento de aves y animales en el techo 	Moderado: se reduce con el uso de desviador de primeras aguas y periódicamente deben realizarse mantenimientos correspondientes al tanque.
Metales pesados	<ul style="list-style-type: none"> • Polvo de minerales o rocas, áreas urbanas industriales 	Bajo: excepto si el humo de chimeneas industriales llega directamente al techo o que se produzca lluvia ácida.
Contaminantes inorgánicos	<ul style="list-style-type: none"> • Brisa marina, descarga de contaminantes de fábricas en el aire • Materiales inadecuados incluidos en los componentes del SCALL (herrajes, tanque y techo) 	Bajo: a menos de que se superficie de captación se encuentre cercana al mar o de alguna fábrica que genere desechos inorgánicos en el aire.
Larvas de mosquitos	<ul style="list-style-type: none"> • Mosquitos que usan el agua estancada para producir larvas en las canaletas y el tanque 	Moderado: se mitiga disminuyendo los posibles accesos de estos vectores al tanque evitando estancamientos en canaletas, cubriendo entradas al tanque, y procurando que no exista ningún tipo de abertura en el tanque.

GrowNYC (2018) recomienda que previo a la construcción del tanque se realice un bosquejo previo del plan de construcción, así como la determinación del espacio disponible para el sistema, y presenta las siguientes recomendaciones como inconvenientes a considerar durante la implantación de estos sistemas:

- El mejor lugar para colocar un tanque es sosteniéndolo contra alguna pared, en un suelo nivelado o cerca del bajante.
- Hay que aprovechar la acción de la gravedad y asegurar que el espacio disponible para las canaletas y tuberías previo y aguas abajo del tanque sea suficiente considerando la altura del tanque.
- La tubería de rebose (o desborde) del tanque debe colocarse cerca del tope del tanque (o su tapa) y si es posible el agua debe ser desviada hacia algún jardín.
- La salida del tanque debe encontrarse en su punto más bajo para facilitar la salida del agua.

2.6.5 Superficie de Captación

La superficie de captación idealmente sería el techo de las instituciones educativas, pero puede ser reemplazada por alguna otra alternativa en caso de que no se encuentre en buen estado por otras alternativas, como plásticos y pingos. El material de la superficie de captación puede ser de planchas metálicas, de tejas, de ferrocemento o plásticos (PVC). Las planchas metálicas son las más recomendables, especialmente las de acero galvanizado (acero recubierto por zinc), ya que es liso, sencillo de armar, retienen una menor contaminación, y con la acción solar su superficie puede esterilizarse por sí misma (Mosley, 2005).

Una de las cualidades más interesantes de la cubierta de acero galvanizado es su eficiencia para la captación de ALL ya que según Belelli & Vázquez (2019) estos techos retienen el 80% de las precipitaciones. Mientras que (GrowNYC, 2018) expresa más detalladamente que la eficiencia de estos sistemas va desde el 75 al 90%, y que esta pérdida se da principalmente por acciones del viento, salpicaduras e incluso por evaporación. El zinc presente en los techos galvanizados puede diluirse en el agua captada, pero por suerte sus niveles de toxicidad son

bastante bajos para el ser humano y por lo tanto no excederá las recomendaciones dadas por la OMS (Gould, 1993).

Pero por otro lado existen materiales que deben evitarse a toda costa como el plomo o el asbesto, ya que son materiales tóxicos para el ser humano, por lo que deben evitarse en los techos e incluso en los herrajes ya que hay ocasiones en las que se usa este tipo de materiales (Yaziz, Gunting, Sapiari, & Ghazali, 1989). En el caso del asbesto (un mortero de cemento reforzado), según Campbell (1993) se ha comprobado consensuadamente que existe un riesgo alto de contraer cáncer por la ingesta de este material. Finalmente, en cuanto al material del techo, Mosley (2005) recomienda que con los techos metálicos se tenga cuidado con la corrosión y lixiviados que podrían producirse en el metal, y reparar estos problemas o reemplazar el techo, ya que, si bien las cantidades de hierro no resultan tóxicas para el ser humano, si tiene repercusiones para los usuarios tanto visualmente como en el sabor del agua esto es desagradable.

Belelli & Vázquez (2019) recomiendan una pendiente del techo del 8 al 10%, pero podrían aceptarse pendientes desde el 1%. Lo que se requiere principalmente son techos inclinados que ayuden a la limpieza y un flujo rápido del agua (The Cabell Brand Center, 2007).

Para determinar el agua que se puede captar con el techo puede emplearse una ecuación bastante sencilla como sugiere GrowNYC (2018):

$$\frac{\text{Área de captación}}{(\text{pies}^2)} * \frac{\text{Cantidad de lluvia}}{(\text{pulgadas})} * \frac{0.5}{(\text{galones por pie})} = \frac{\text{Agua recolectada}}{(\text{galones})}$$

Ecuación 10. - Cantidad de agua estimada que puede captar una superficie de captación

La ecuación anterior resulta útil para determinar rápidamente la cantidad de agua recolectada, pero GrowNYC (2018) aclara que teóricamente se pueden coleccionar 0.63 por pulgada en un pie cuadrado, el valor de 0.5 es un valor que toma en cuenta las pérdidas y algunos factores de conversión, principalmente debido a la pérdida de aproximadamente el 20% del agua recolectada.

De esta manera se puede realizar esta analogía con las unidades del SI (hay que recordar que 1 litro equivale a $0.001m^3$):

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Área de captación} & * & \text{Cantidad de lluvia} & * & 80\% \text{ de eficiencia} & = & \text{Agua recolectada} \\ (m^2) & & (mm) & & (-) & & (litros) \end{array}$$

Ecuación 11. - Cantidad de agua estimada que puede captar una superficie de captación en unidades del SI y litros

2.6.6 Canaletas

Las canaletas son los conductos que sobresalen un poco del techo para recolectar el agua lluvia y dirigir el agua hacia un bajante, se pueden usar materiales como acero galvanizado o PVC para instalarlas de manera apropiada, de tal manera que el agua no logre estancarse debido a que podría facilitar acumulación de polvo y proliferación de mosquitos (Mosley, 2005).

En cuanto a la pendiente Belelli & Vázquez (2019) recomiendan que las canaletas tengan una pendiente de un 5% hacia la descarga.

2.6.7 Filtros

Se debe de emplear sistemas de filtrado para evitar las impurezas y la entrada de partículas grandes que podrían obstruirlo. Previo al tanque, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile (2016) recomienda la colocación de filtros de polietileno que cuenta con rejillas y mallas que retienen los materiales gruesos, evitando que estos entren al tanque. Para el uso del agua con fines de abastecimiento y consumo; un sistema de filtrado es fundamental para evitar la entrada de impurezas u hojas dentro del sistema, ya que materiales biológicos como las hojas permitirían que las bacterias y microorganismos sobrevivan dentro del tanque aportando nutrientes y comida, por otro lado, con la ausencia de estos elementos las bacterias mueren de hambre en un lapso de 2 a 20 días (Mosley, 2005).

Para el pre-filtro que debe encontrarse previo al tanque, Belelli & Vázquez (2019) también recomiendan que no es necesario una mayor tecnología, con tan solo una tela mosquitera se pueden retener residuos como hojas, palos, etc., pero este siempre debe de limpiarse y dar un mantenimiento periódicamente.

Mosley (2005) menciona además que los filtros deben ser duraderos, fáciles de limpiar y de reemplazar, recomendando los filtros finos ya que en algunos casos estos incluso son efectivos para la remoción de bacterias, pero también menciona que no son recomendables debido a que suelen taponarse con facilidad. Finalmente, The Cabell Brand Center (2007) recomienda colocar filtros no solo por el hecho de retener partículas y contaminantes, sino porque también ayudan a oxigenar el agua cuando se realiza el proceso de filtrado. Además mencionan que los filtros modernos requieren un menor mantenimiento y pueden filtrar eficientemente el ALL, por lo que un filtro debe ser de calidad y apropiado de acuerdo al área de captación, ya que incluso con lluvias fuertes el filtro debería de seguir funcionando adecuadamente. Tomando en cuenta todas estas consideraciones se debe seleccionar un filtro adecuado para el SCALL que se encuentre en el mercado.

2.6.8 Desviador de primeras aguas

El desviador de las primeras aguas es sumamente importante para la calidad del agua, ya que debido a la exposición del techo con el ambiente puede contaminarse fácilmente el ALL y degradar considerablemente una de las ventajas principales la cual es su excelente calidad. Es por esto por lo que la limpieza o enjuague del techo debe realizarse con “las primeras aguas” de la lluvia que recibe el techo, lo que permite el arrastre de microorganismos como bacterias o residuos e impurezas sólidas presentes en el techo que podrían ingresar al tanque y proliferar en su interior causando el incremento de bacterias y contaminación del agua (Belelli & Vázquez, 2019).

Los desviadores de las primeras aguas básicamente son dispositivos que “desvían” el agua del inicio de las lluvias para limpiar el techo y posteriormente seguir recolectando el agua por medio del tanque. Mosley (2005) distingue principalmente dos sistemas:

- Manuales: Son menos prácticos ya que requieren que se desvíe el paso del agua manualmente al inicio de la lluvia y luego volver a conectar el techo y las canaletas (sistema de captación) al tanque para recolectar el ALL. El sistema es tan simple como remover el bajante y luego conectarlo nuevamente, pero no es ideal ya que requiere que todo el tiempo una persona ejecute esta operación.
- Semiautomáticos: A diferencia del método manual, este se basa en una unión en “T”, que se encarga de desviar las primeras aguas hacia un depósito con un volumen determinado en función del techo, y una vez lleno, el agua limpia comienza a pasar hacia el tanque gracias a que el agua contaminada ya llenó el espacio requerido para la limpieza del techo. No requiere operación constante pero sí que posterior a que termine la precipitación se vacíe el depósito de forma manual, y otra ventaja es que el agua recolectada puede usarse para la limpieza de las instalaciones.

Belelli & Vázquez (2019) recomiendan un milímetro (1 mm) de agua para la limpieza inicial del techo, lo que equivale a un litro por metro cuadrado de techo (1 litro por m²). Pero por otro lado Mosley (2005) presenta otro criterio aún más básico, en el que solo son necesarios 0.5mm de agua por metro cuadrado para la limpieza del techo, lo que quiere decir que tan solo se necesitaría de medio litro para la limpieza de un techo. Por lo tanto, si se tienen 100 m² de techo, se necesitarían entre 50 a 100 litros de volumen para el depósito del desviador de primeras aguas, lo cual estará sujeto a criterios del diseñador.

2.6.9 Tanque

El tanque es el componente fundamental de los SCALL, ya que básicamente es el núcleo de estos sistemas, es por esto por lo que su volumen debe analizarse, así como la calidad del material que lo compone y su lugar de colocación para de esta manera tener certeza de abastecer adecuadamente al sistema. Es por esto que el Ministerio de Agua y Medioambiente de Uganda (2017) establece los siguientes parámetros a considerar antes de la colocación de un tanque:

- Su costo, ya que del mismo dependerá la capacidad adquisitiva.
- La capacidad del tanque, que deberá determinarse en base a la demanda.
- El propósito de uso del tanque, como doméstico, institucional o agrícola.
- Ubicación del tanque y si este se encontrará enterrado o por encima de la superficie.
- Disponibilidad del tanque o de los materiales para su construcción.
- La capacidad tecnológica de los pobladores de la zona para construir el tanque o para colocarlo en donde se lo requiera.
- El aspecto y diseño del tanque.
- Capacidad portante del suelo donde se colocará el tanque.

Los tanques pueden estar constituidos de distintos tipos de materiales como plásticos (PVC, polietileno), metálicos (acero galvanizado) e incluso de materiales compuestos como el ferrocemento, los cuales son ideales para el mantenimiento del agua ya que, según el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile (2016), los tanques de ferrocemento conservan su temperatura, evitan el paso de luz y si se construyen e impermeabilizan adecuadamente evitan la proliferación de bacterias y microorganismos.

Dentro de otras consideraciones importantes para el tanque dadas por The Cabell Brand Center (2007), se presentan a continuación:

- ✓ El tanque debe ubicarse después del primer filtro (retenedor de elementos grandes).
- ✓ El tanque debe impedir el paso completo de luz, ya que podría dar paso a proliferación bacteriana o vegetal (como algas) debido a la acción de la fotosíntesis.
- ✓ Los tanques deben contar con tuberías de desborde/rebose en caso de que se produzca una lluvia en exceso.
- ✓ Se deben colocar tuberías de ventilación en el tanque.
- ✓ Luego del tanque se deben colocar filtros finos.
- ✓ El tanque debe ser accesible para operaciones de limpieza y mantenimiento.
- ✓ Todas las entradas al tanque deben estar cubiertas o protegidas con una malla para evitar el ingreso de mosquitos y de impurezas de gran tamaño.
- ✓ Todo el SCALL debe contar con componentes y un tanque adecuados para el consumo de agua de los usuarios (agua potable), para suministro y consumo.

2.6.10 Operatividad

La operatividad de los SCALL es simple, llueve, se capta, conduce y almacena el agua en el tanque para posteriormente ser utilizada por los usuarios del sistema, pero se deben realizar mantenimientos periódicos de la superficie de captación (techo), las canaletas y el tanque para evitar proliferación bacteriana y garantizar el buen funcionamiento del sistema, además los depósitos de almacenamiento de las aguas de las primeras lluvias deben de vaciarse luego de cada lluvia para que den paso al nuevo volumen de la siguiente lluvia (Mosley, 2005). Dentro de otras consideraciones en la fase de operación es importante determinar fugas o grietas en el tanque y solucionarlas inmediatamente, por lo cual se debería realizar una inspección visual rápida y diaria del sistema para garantizar su buen funcionamiento (Mosley, 2005).

2.6.11 Desinfección por cloración

Es un proceso en el que se añade cloro al agua para eliminar a las bacterias que podrían encontrarse presentes. Mosley (2005) señala que no todos los SCALL son construidos y mantenidos en forma adecuada por lo que se puede dar la proliferación bacteriana en el tanque que solo logra eliminarse mediante la aplicación del cloro, pero también explica que el sabor a cloro puede ser desagradable para ciertos usuarios y que su uso debe realizarse únicamente en los siguientes casos:

- ✓ Cuando se conoce e identifica un riesgo microbiológico al realizar pruebas en el agua.
- ✓ Cuando se enferman los usuarios debido al consumo de agua.
- ✓ No se logra un vaciado completo del tanque y por lo tanto se logra una limpieza ineficiente del mismo.
- ✓ Materia fecal o algún animal entró en contacto con el agua o dentro del tanque.

Mosley (2005) también presenta la siguiente tabla, para determinar las cantidades requeridas de cloro comercial (líquido) usado para la limpieza y desinfección en viviendas (hipoclorito de sodio (NaOCl) con concentraciones del 3-6%) en base al volumen del tanque o depósito de almacenamiento:

Tabla 17. - Dosificaciones de Hipoclorito de Sodio (NaOCl) de acuerdo al volumen del agua en el depósito

Volumen del agua en el depósito (litros)	Cantidad de hipoclorito de sodio (ml), con 4% de principio activo
1000	125
2000	250
3000	375
4000	500
5000	625
6000	750
7000	875
8000	1000
9000	1125
10000	1250
11000	1375
12000	1500

Como punto importante para la cloración hay que mencionar que la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2004) establece que la desinfección con cloro no es adecuada cuando la turbiedad en el agua es mayor a 1 UNT y permite hasta 5 UNT en la práctica, por lo que si el agua es turbia visualmente hay que analizar su causa ya que la cloración no tendría ningún efecto desinfectante. Por esto es importante la colocación de filtros previa a la cloración, ya que ayudan a que la aplicación del cloro sea adecuada, de otra forma en un agua turbia la acción desinfectante del cloro podría ser nula o escasa.

2.6.12 Control de calidad

Es importante realizar comparación de la calidad del agua con respecto a los estándares establecidos por la OMS y la UNICEF para determinar si el agua que se está suministrando es de calidad, obviamente siempre y cuando se tengan los recursos y los medios para realizar estas pruebas en el agua. Mosley (2005) recomienda los exámenes microbiológicos, de turbiedad y de pH sean realizados de ser posible. En cuanto al contenido microbiológico se estableció anteriormente que mediante los criterios de la OMS (2004) no se permite la presencia de coliformes fecales en el agua bajo ningún concepto, pero Fuji Oka (1994) establece que un estándar límite más realista sería que se encuentren hasta 10 coliformes fecales en una muestra de 100 ml, en los casos en los que no se cuente con un sistema de potabilización adecuado.

Finalmente, Mosley (2005) presenta la siguiente tabla en cuanto a los parámetros de la OMS (1996) que podrían causar complicaciones de salud (también disgusto en los consumidores) o ser tóxicos:

Tabla 18. - Parámetros básicos de las guías de la OMS

Parámetro	Valor máximo de la guía de la OMS
Coliformes fecales (E. Coli)	No se detectan en una muestra de 100ml
Aluminio	0.2 mg/l - (complicaciones)
Cadmio	0.003 mg/l - (tóxico)
Cobre	2 mg/l - (tóxico)
Cloruro	250 mg/l - (complicaciones)
Fluoruro	1.5 mg/l - (tóxico)
Hierro	0.3 mg/l - (complicaciones)
Plomo	0.01 mg/l - (tóxico)
Sodio	200 mg/l - (complicaciones)
Sulfatos	250 mg/l - (complicaciones)
Turbiedad	5 UNT - (complicaciones)
Sólidos disueltos totales	1000 mg/l - (complicaciones)
Zinc	3 mg/l - (complicaciones)

3 CAPITULO III: CARACTERIZACIÓN DE LAS ESCUELAS FISCALES RURALES EN LA ZONA 1

3.1 Introducción

En este capítulo se analizará mediante estadística, datos obtenidos del Ministerio de Educación (MINEDUC, 2021) a partir del Archivo Maestro de Instituciones Educativas (AMIE) y del Diagnóstico de servicios de agua, saneamiento e higiene (WASH) en las instituciones educativas (MINEDUC, 2020), donde se recopila una gran cantidad de datos de las instituciones educativas tanto públicas como privadas con respecto a los estudiantes, docentes, administrativos e incluso su infraestructura a nivel nacional. Pero como no es necesario analizar toda esta información, el capítulo se centrará únicamente en caracterizar a la población estudiantil de instituciones educativas fiscales y rurales de la Zona 1 del Ecuador, de manera que se logre obtener una tendencia poblacional para el diseño del sistema de captación de aguas lluvias. Para esto no sólo hay que tomar en cuenta a la población estudiantil, sino que también debe de añadirse a la población docente y administrativa ya que los mismos también serán usuarios del sistema de captación de aguas lluvias. Además, se enfocará en la población registrada al final del periodo ya que es la que mayor parte del tiempo estuvo haciendo uso de las instalaciones. Finalmente se mostrará brevemente la ubicación geográfica de las provincias en el país.

3.2 Población escolar

3.2.1 Población escolar en la Zona 1

Para determinar la población escolar se tomó en cuenta a docentes, administrativos y estudiantes de las instituciones ya que los mismos serán los usuarios finales de las instalaciones. De los datos del MINEDUC se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 19. - Población escolar total por año

Año	Número de escuelas	Población Total de Docentes	Población Total Administrativos	Población Total de Estudiantes	Población Escolar Total por año
2010	1977	7843	1052	145947	154842
2011	1974	8895	1022	153377	163294
2012	1967	8191	972	145258	154421
2013	1721	7690	823	138667	147180
2014	1622	7128	776	138664	146568
2015	1179	6651	588	140422	147661
2016	1111	6562	525	139820	146907
2017	1062	6764	484	142364	149612
2018	1044	7007	425	139186	146618
2019	1040	7095	385	137086	144566
2020	1040	6966	370	132564	139900
2021	1044	6823	337	135059	142219

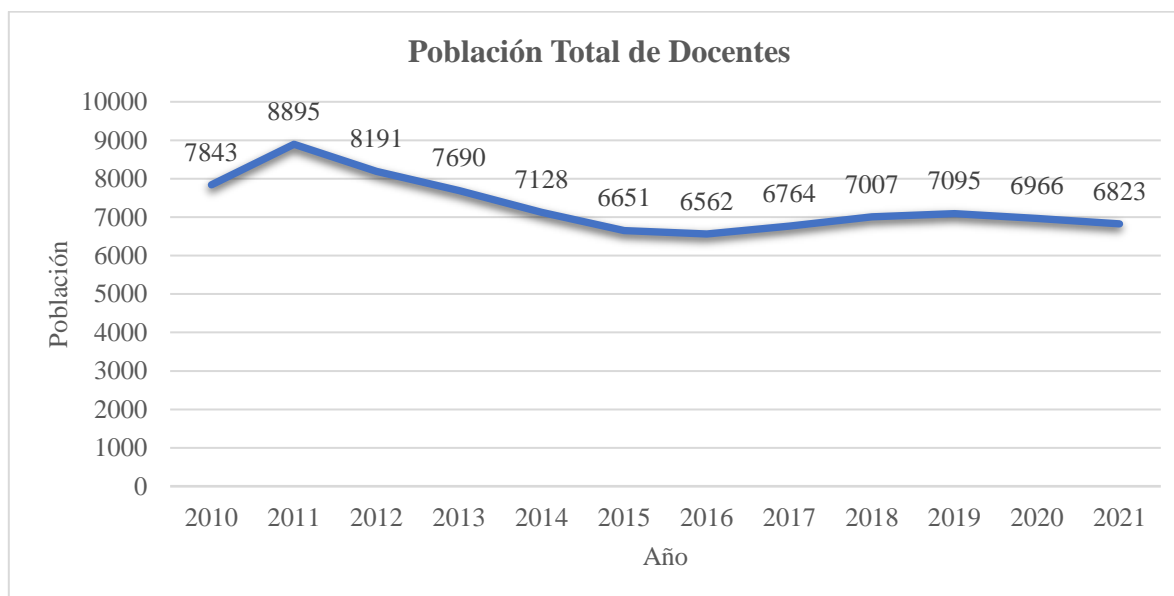


Ilustración 2. - Población total de docentes

De los resultados se puede interpretar que la población total de docentes se ha estabilizado desde el año 2015 hasta el 2021 oscilando entre los 6000 a 7000 docentes en la Zona 1.



Ilustración 3. - Población total de administrativos

Por otro lado, la población de administrativos ha ido disminuyendo considerablemente desde el primer año de los registros (2010), tendiendo a contar con menos personal administrativo en las instituciones.



Ilustración 4. - Población total de estudiantes

En cuanto a la población estudiantil se pueden notar grandes variaciones, contando con la mayor cantidad poblacional en el año 2011, mientras que el año 2020 puede observarse un notable déficit estudiantil con respecto al mayor registro poblacional (aproximadamente de 20700 estudiantes). Lo que resulta interesante es la reducción estudiantil del año 2019 al 2020 y la recuperación en el año 2021, posiblemente causado por la pandemia del COVID-19.

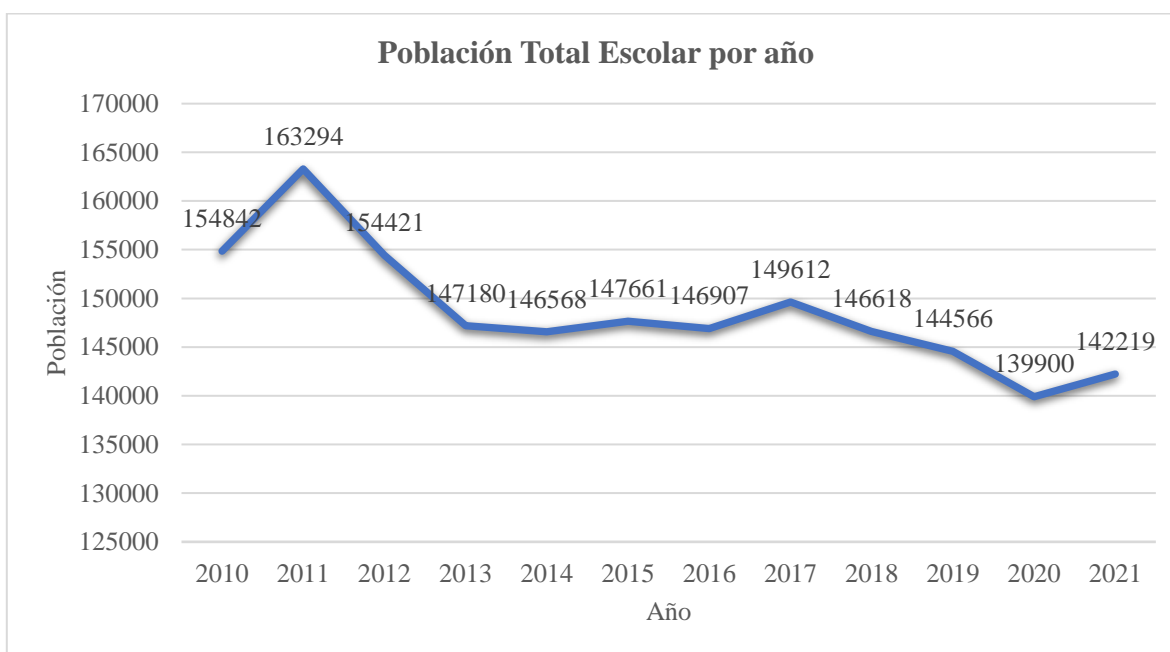


Ilustración 5. - Población total escolar por año

En la última gráfica de la población total se puede observar que tiene un comportamiento bastante similar al de la población estudiantil, lo cual resulta bastante lógico, debido a que es la población con mayor número poblacional y por lo tanto la población global debe seguir esta tendencia. Se puede observar que el máximo valor poblacional fue de 163294 personas y el valor mínimo de 139900 personas. Pero en el último año del registro (2021) se encontraban unas 142219 concentradas en la Zona 1 del Ecuador, lo cual indicaría que la población a servir tendría que encontrarse dentro de los 135000 a 145000 personas. Pero no

es un dato de diseño del sistema de captación de aguas lluvias debido a que la población se encuentra dispersa, e idealmente se trata de abastecer a todas las instituciones educativas de la Zona 1 con este sistema, pero no es necesario ya que algunas de las instituciones pueden contar con sistemas de abastecimiento de agua desde una red pública y contar con el servicio. La población que aproveche el sistema de aguas lluvias solo podrá determinarse cuando se implemente este sistema en las distintas escuelas, e idealmente debería enfocarse en aquellas escuelas que no cuentan con abastecimiento de agua o que presentan intermitencias en el servicio de agua.

Promedio Aritmético de la población

Tabla 20. - Promedio escolar total por año

Año	Número de escuelas	Población Promedio Docentes	Población Promedio Administrativos	Población Promedio Estudiantes	Población Total Promedio
2010	1977	4	1	74	79
2011	1974	5	1	78	84
2012	1967	5	1	74	80
2013	1721	5	1	81	87
2014	1622	5	1	86	92
2015	1179	6	1	120	127
2016	1111	6	1	126	133
2017	1062	7	1	135	143
2018	1044	7	1	134	142
2019	1040	7	1	132	140
2020	1040	7	1	128	136
2021	1044	7	1	130	138

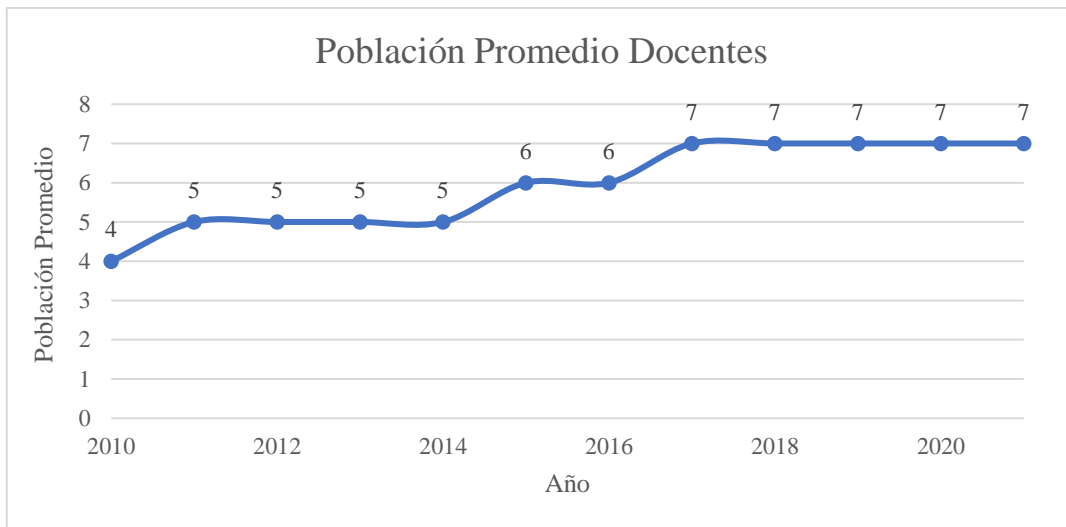


Ilustración 6. - Promedio aritmético de docentes desde el año 2010 al 2021

Se puede observar que el promedio de docentes conforme pasa los años ha ido aumentando progresivamente y se ha mantenido en un valor fijo de 7 docentes en promedio por escuela en los últimos años.

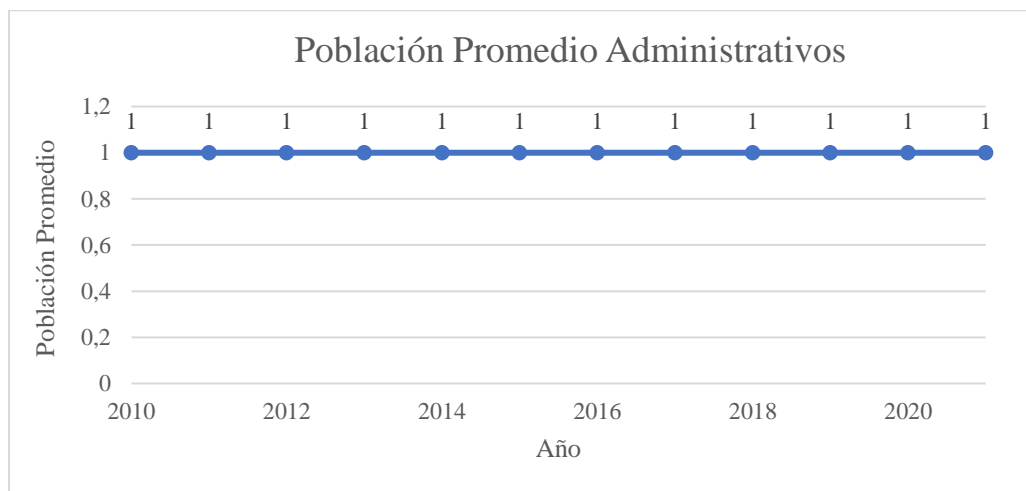


Ilustración 7. - Promedio aritmético de administrativos desde el año 2010 al 2021

En la gráfica se puede observar que el promedio de administrativos es constante conforme pasan los años, demostrando que se contaba con al menos una persona en el área administrativa en cada escuela

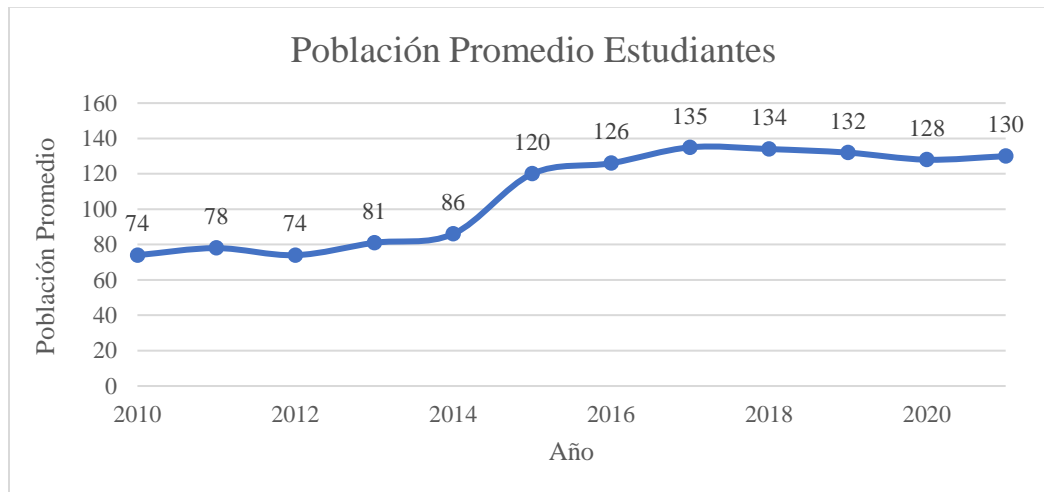


Ilustración 8. - Promedio aritmético de estudiantes desde el año 2010 al 2021

La población promedio de estudiantes ha ido aumentando con el paso de los años, y se ha mantenido casi constante desde el año 2015, lo que quiere decir que en promedio los estudiantes se encontrarían dentro del rango de 120 a 135 estudiantes por institución, pero no es un dato definitivo para determinar la población a abastecer con el sistema de captación de aguas lluvias.

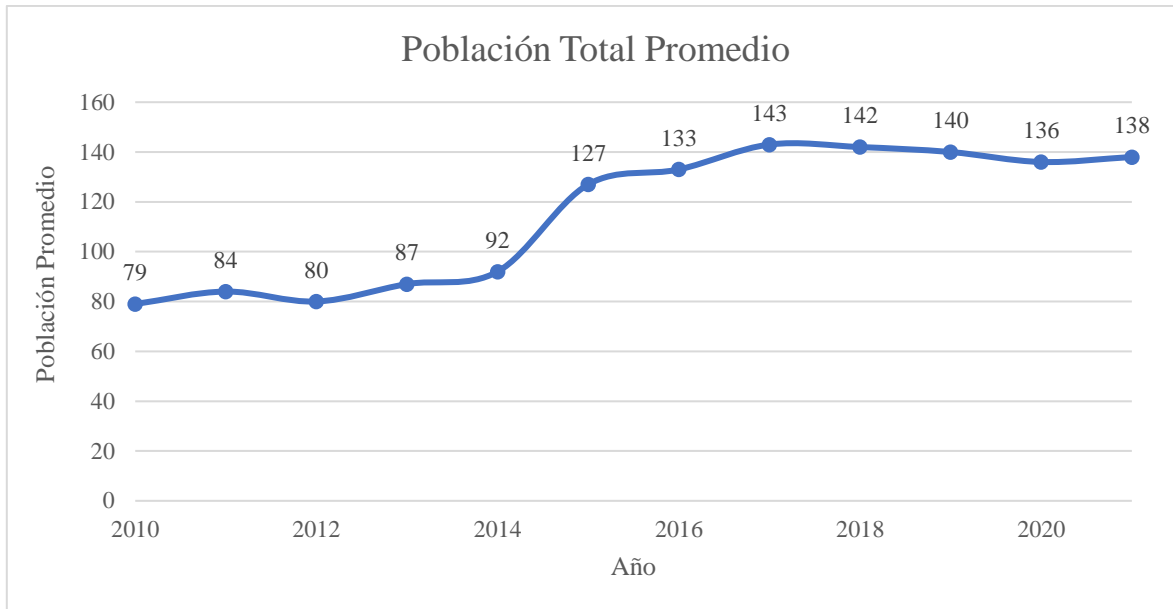


Ilustración 9. - Promedio aritmético poblacional de las instituciones educativas desde el año 2010 al 2021

Al igual que en los totales la curva de la población promedio de toda la Zona 1 sigue la tendencia de la curva del promedio de estudiantes, demostrando una vez más que el grupo estudiantil es el que mayor incidencia tiene en el diseño, pero hay que aclarar que los otros grupos también influyen en cierta manera para el diseño teniendo que considerarlos ya que podrían aumentar la demanda del sistema. Finalmente se puede destacar que desde el año 2015 el promedio poblacional total ha variado desde los 125 a 145 personas por institución. Esto podría ser cierto si en cada escuela se tendría una cantidad similar de estudiantes, pero como se verá más adelante las desviaciones estándar son muy grandes por lo que este promedio aritmético no sería el más adecuado para el diseño del sistema de captación de aguas lluvias, ya que no se realiza una ponderación ni se analizan las frecuencias de población para todas las instituciones de la Zona 1.

Desviación estándar de la población

Tabla 21. - Desviación estándar (σ) escolar total por año

Año	Número de escuelas	σ Docentes	σ Administrativos	σ Estudiantes	σ Población
2010	1977	7	2	108	115
2011	1974	7	2	112	119
2012	1967	6	2	106	112
2013	1721	6	2	118	124
2014	1622	7	2	156	164
2015	1179	10	2	224	235
2016	1111	10	2	233	244
2017	1062	11	2	251	263
2018	1044	12	1	246	258
2019	1040	12	1	244	256
2020	1040	11	1	236	249
2021	1044	11	1	242	253

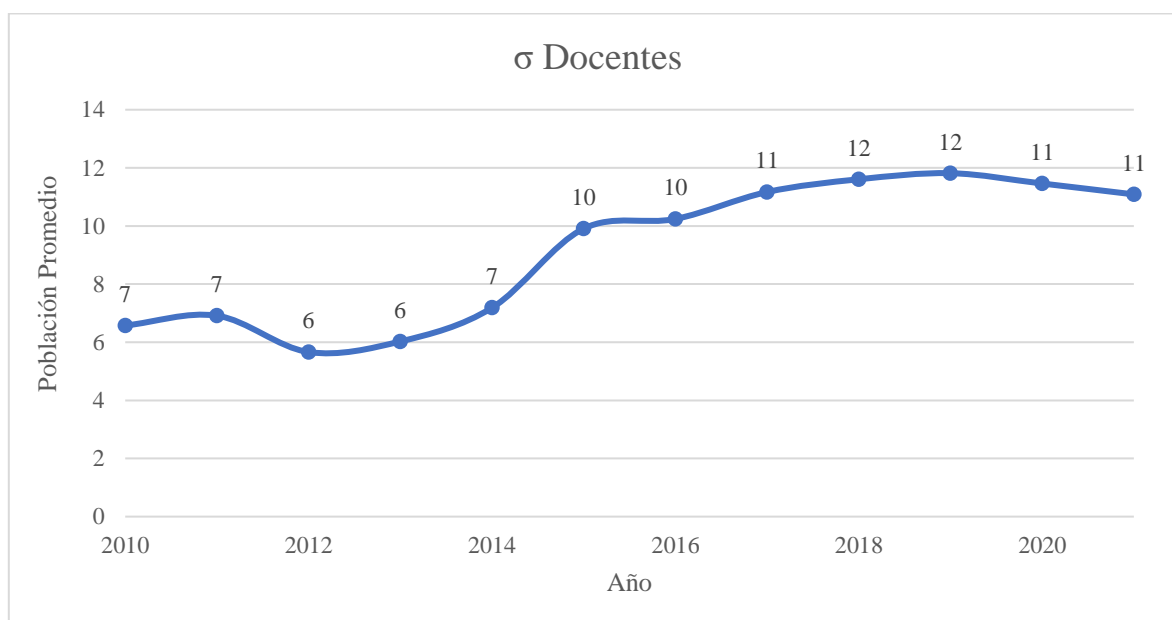


Ilustración 10. - Desviación estándar de docentes desde el año 2010 al 2021

Se puede observar que en cuanto a docentes no se tienen mayores variaciones de personal, y no se alejan mucho de los valores, esto quiere decir que entre las instituciones se tendrá una diferencia de 10 docentes, y si se toma en cuenta unas tres desviaciones estándar la diferencia de personal docente sería de 30 entre las instituciones lo cual no es muy relevante como en el caso de los estudiantes.

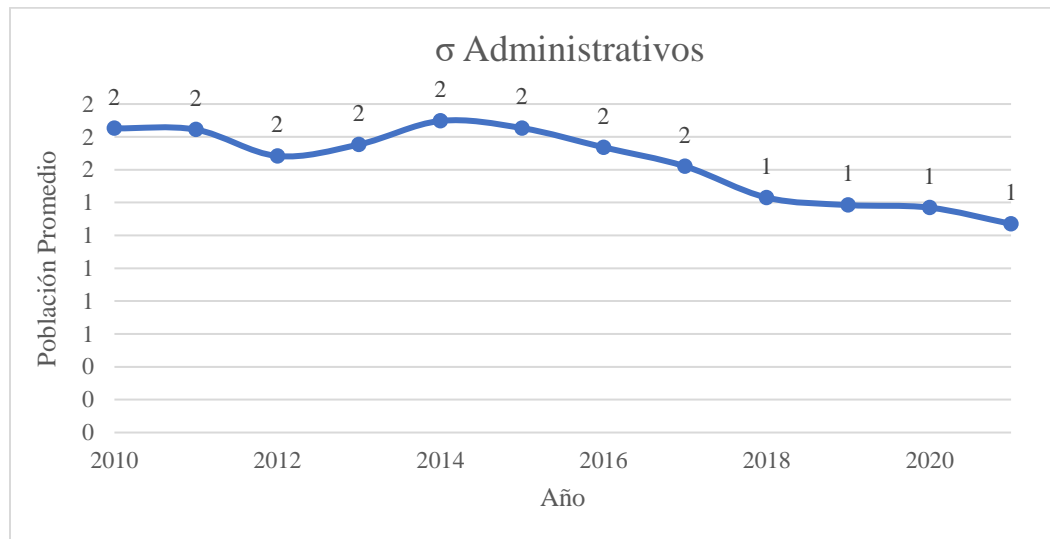


Ilustración 11. - Desviación estándar de administrativos desde el año 2010 al 2021

En cuanto administrativos la tendencia es la misma, el personal entre cada institución no varía considerablemente, pero sí tiene una tendencia a bajar la cantidad de personal administrativo. Esto se nota ya que en el inicio se tenían diferencias de 2 personas que trabajaban en la parte administrativa de las instituciones, pero como se ha ido disminuyendo el personal, la variación se ha vuelto tan pequeña que tan solo se tiene un administrativo extra o faltante entre las instituciones.

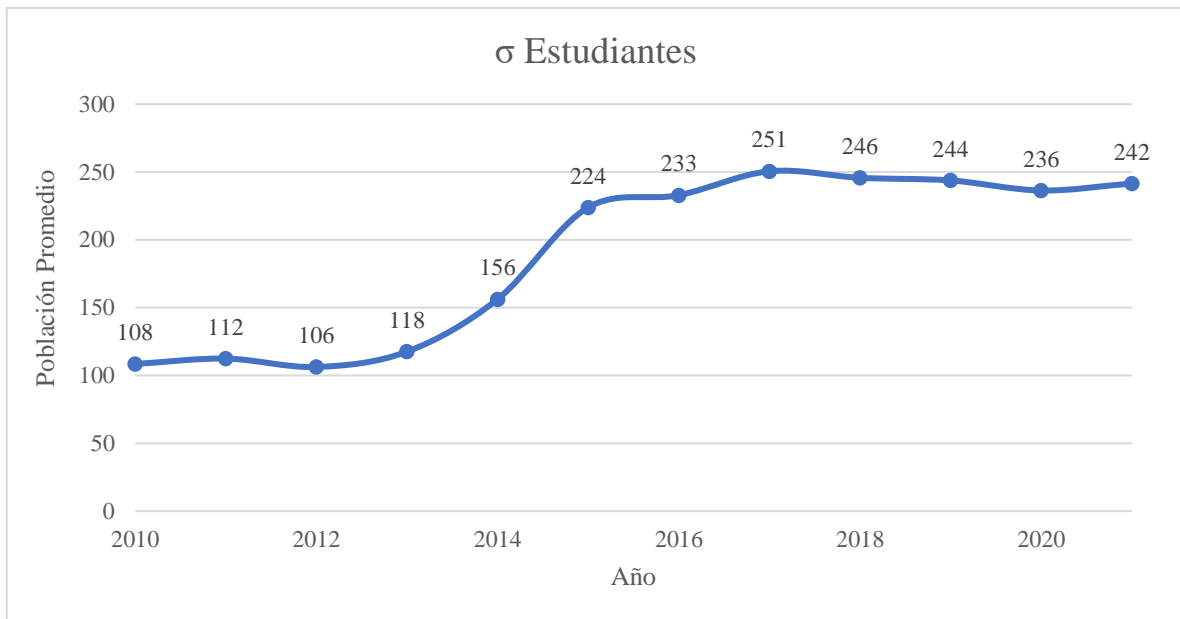


Ilustración 12. - Desviación estándar de estudiantes desde el año 2010 al 2021

La curva de la desviación estándar estudiantil es interesante porque se nota que la variación más grande se dio entre los años 2013 al 2015, dando a entender que durante estos años la población escolar ha aumentado considerablemente (100 estudiantes más por institución).

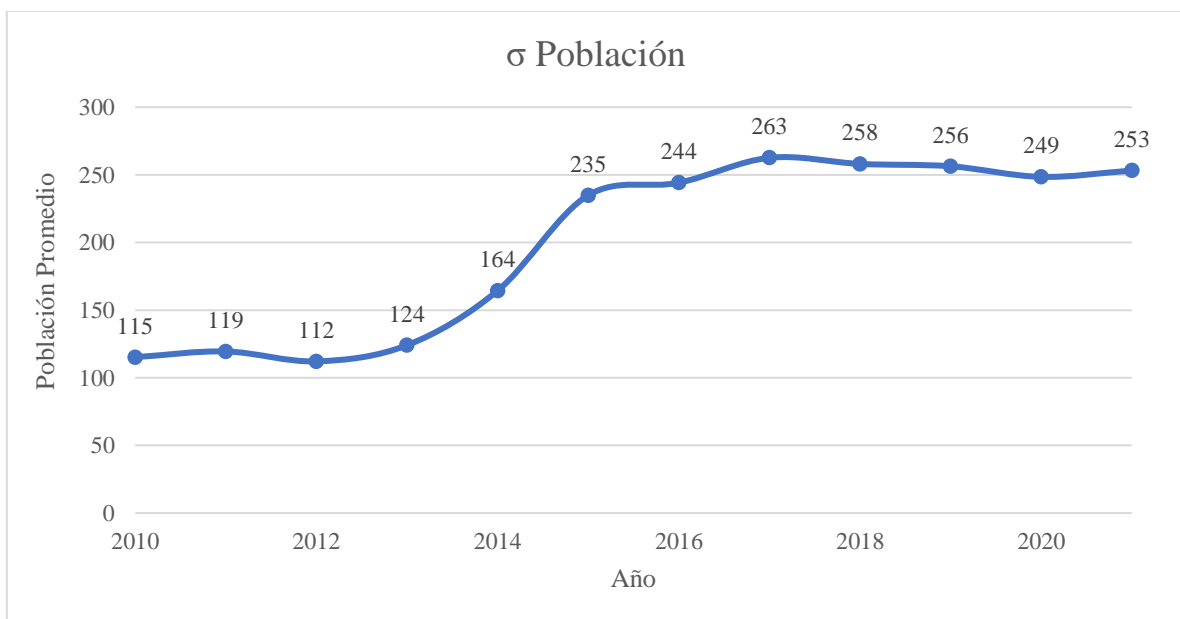


Ilustración 13. - Desviación estándar poblacional desde el año 2010 al 2021

La desviación poblacional sigue la misma tendencia que la estudiantil, y como las desviaciones son tan grandes se puede establecer que los datos poblacionales son bastante dispersos entre sí y por lo tanto la distribución poblacional no será uniforme como se esperaría. Por lo que hay que realizar un análisis estadístico desde otro enfoque, para este caso se emplearán histogramas de frecuencias como se presenta más adelante ya que brindan una información más adecuada para caracterizar a la población de la Zona 1 e identificar a una población “estándar” a servir.

El histograma de frecuencias será una herramienta muy útil para observar gráficamente la distribución poblacional de acuerdo con rangos establecidos que indiquen cuánto se repite un valor en el análisis para determinar qué tan representativo puede llegar a ser, lo cual resulta muy útil ya que se puede determinar un promedio ponderado de la población lo cual es más cercano a la realidad que una media aritmética (promedio aritmético), la cual no resulta ser representativa.

Para elaborar el histograma se tomaron en cuenta los siguientes datos:

Tabla 22. - Datos para elaboración del histograma de frecuencias-I

Cálculo de Intervalos	
Número de datos	16844
Valor mínimo (X_{\min})	0
Valor máximo (X_{\max})	3258
Rango (R)	3258
Número de Intervalos (k)	15
Amplitud (A)	200

Y se obtuvo la siguiente gráfica:

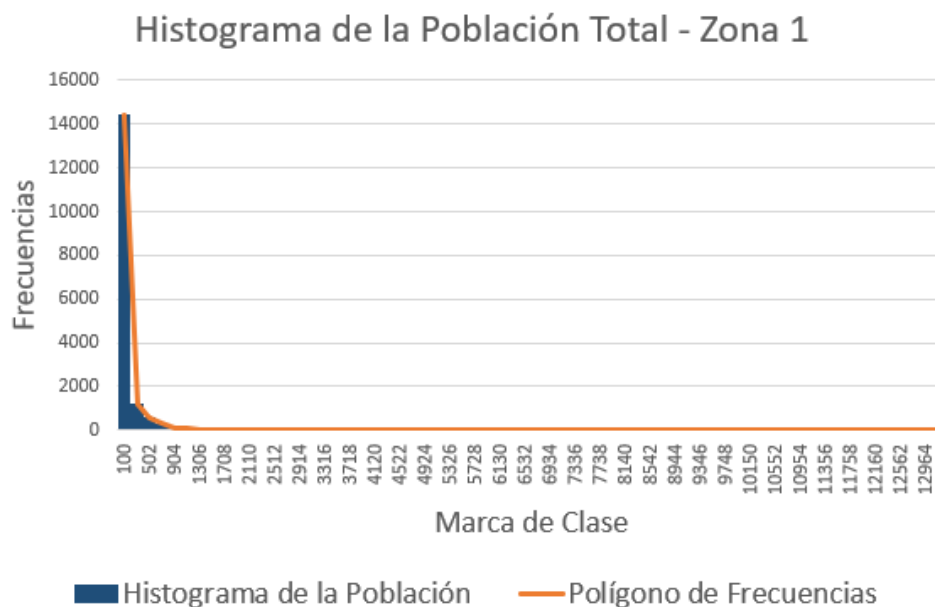


Ilustración 14. - Histograma poblacional de las escuelas fiscales-rurales de la Zona 1-I

El gráfico que se obtiene no es fácilmente apreciable, ya que los intervalos son muy amplios no se logra una visualización adecuada de la distribución, por esto es necesario reducir los intervalos para que el gráfico representado sea más fino. De esta manera, sin considerar la amplitud recomendada por fórmulas estadísticas, se obtiene el siguiente gráfico en el que se puede observar de mejor manera la distribución:

Tabla 23. - Datos para elaboración del histograma de frecuencias-II

Cálculo de Intervalos	
Número de datos	16844
Valor mínimo (X _{min})	0
Valor máximo (X _{máx})	3258
Rango (R)	3258
Número de Intervalos (k)	15
Amplitud (A)	4

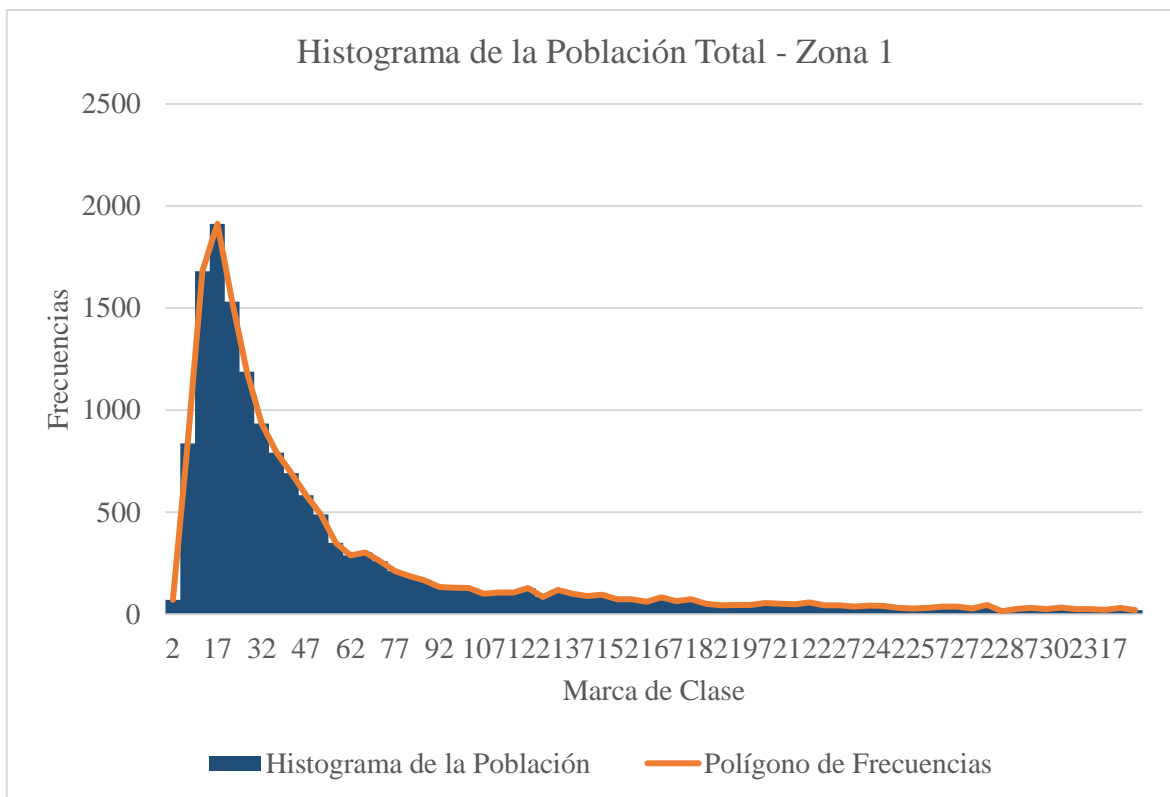


Ilustración 15. - Histograma poblacional de las escuelas fiscales-rurales de la Zona 1-I

En el gráfico puede apreciarse de mejor manera la distribución de las variables discretas (números enteros de análisis estadístico), que en este caso vendrían a ser la población de cada institución educativa (escuela). Este tipo de distribución en estadística es conocido como distribución asimétrica positiva o sesgada hacia la derecha, y puede apreciarse que la cola de la distribución se encuentra hacia la derecha (Spiegel, 1998). Además, se puede destacar que todos los valores se encuentran por debajo de la media aritmética, que realizando un promedio de los promedios obtenidos por año resulta ser de 116 personas, y la moda se encuentra a la izquierda de la media y de la mediana. Este tipo de distribución no puede ser transformada a una distribución normal, que en estadística es una función continua de probabilidad que ayuda a describir cómo se comporta una cierta variable normalmente en la naturaleza (por ejemplo, alturas de una población, o salarios), que siguen un patrón predeterminado considerado como “normal” (Spiegel, 1998).

Por lo tanto, probabilísticamente no se podría determinar una probabilidad de ocurrencia de que la población sea de una cierta cantidad, pero estadísticamente y gracias a los datos del MINEDUC se tiene un grupo poblacional del cual se puede determinar una cantidad poblacional bastante cercana a la realidad que puede emplearse en los diseños. Es decir que, al tener tantos datos, tan solo con el análisis de frecuencias se puede determinar con un grado razonable de exactitud el porcentaje mayoritario de la población presente en las escuelas de la Zona 1 mediante la ponderación de estos resultados.

A continuación, se presenta una tabla del histograma que abarca el rango de la población mínima y máxima para calcular el porcentaje ponderado, donde se ha resaltado el dato para un porcentaje acumulado de 90% para identificar la población de la gran mayoría de escuelas:

Tabla 24. - Frecuencias poblacionales escolares de la Zona 1

Límites		Marca de Clase	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Lím. Inferior	Lím. Superior	xi	fi	Fi	hi	Hi	hi (%)	Hi (%)
0	50	25	10321	10321	0,62	0,62	61,50	61,50
51	101	76	2471	12792	0,15	0,76	14,72	76,23
102	152	127	1060	13852	0,06	0,83	6,32	82,55
153	203	178	615	14467	0,04	0,86	3,66	86,21
204	254	229	436	14903	0,03	0,89	2,60	88,81
255	305	280	317	15220	0,02	0,91	1,89	90,70
306	356	331	249	15469	0,01	0,92	1,48	92,18
357	407	382	202	15671	0,01	0,93	1,20	93,39
408	458	433	183	15854	0,01	0,94	1,09	94,48
459	509	484	148	16002	0,01	0,95	0,88	95,36
510	560	535	141	16143	0,01	0,96	0,84	96,20
561	611	586	92	16235	0,01	0,97	0,55	96,75
612	662	637	104	16339	0,01	0,97	0,62	97,37
663	713	688	73	16412	0,00	0,98	0,44	97,80
714	764	739	64	16476	0,00	0,98	0,38	98,18
765	815	790	47	16523	0,00	0,98	0,28	98,46
816	866	841	32	16555	0,00	0,99	0,19	98,65

867	917	892	33	16588	0,00	0,99	0,20	98,85
918	968	943	29	16617	0,00	0,99	0,17	99,02
969	1019	994	31	16648	0,00	0,99	0,18	99,21
1020	1070	1045	20	16668	0,00	0,99	0,12	99,33
1071	1121	1096	18	16686	0,00	0,99	0,11	99,43
1122	1172	1147	18	16704	0,00	1,00	0,11	99,54
1173	1223	1198	13	16717	0,00	1,00	0,08	99,62
1224	1274	1249	15	16732	0,00	1,00	0,09	99,71
1275	1325	1300	13	16745	0,00	1,00	0,08	99,79
1326	1376	1351	4	16749	0,00	1,00	0,02	99,81
1377	1427	1402	2	16751	0,00	1,00	0,01	99,82
1428	1478	1453	2	16753	0,00	1,00	0,01	99,83
1479	1529	1504	4	16757	0,00	1,00	0,02	99,86
1530	1580	1555	3	16760	0,00	1,00	0,02	99,87
1581	1631	1606	1	16761	0,00	1,00	0,01	99,88
1632	1682	1657	3	16764	0,00	1,00	0,02	99,90
1683	1733	1708	0	16764	0,00	1,00	0,00	99,90
1734	1784	1759	0	16764	0,00	1,00	0,00	99,90
1785	1835	1810	0	16764	0,00	1,00	0,00	99,90
1836	1886	1861	1	16765	0,00	1,00	0,01	99,90
1887	1937	1912	1	16766	0,00	1,00	0,01	99,91
1938	1988	1963	1	16767	0,00	1,00	0,01	99,92
1989	2039	2014	1	16768	0,00	1,00	0,01	99,92
2040	2090	2065	3	16771	0,00	1,00	0,02	99,94
2091	2141	2116	2	16773	0,00	1,00	0,01	99,95
2142	2192	2167	0	16773	0,00	1,00	0,00	99,95
2193	2243	2218	0	16773	0,00	1,00	0,00	99,95
2244	2294	2269	0	16773	0,00	1,00	0,00	99,95
2295	2345	2320	0	16773	0,00	1,00	0,00	99,95
2346	2396	2371	0	16773	0,00	1,00	0,00	99,95
2397	2447	2422	0	16773	0,00	1,00	0,00	99,95
2448	2498	2473	2	16775	0,00	1,00	0,01	99,96
2499	2549	2524	0	16775	0,00	1,00	0,00	99,96
2550	2600	2575	0	16775	0,00	1,00	0,00	99,96
2601	2651	2626	0	16775	0,00	1,00	0,00	99,96
2652	2702	2677	0	16775	0,00	1,00	0,00	99,96

2703	2753	2728	0	16775	0,00	1,00	0,00	99,96
2754	2804	2779	0	16775	0,00	1,00	0,00	99,96
2805	2855	2830	1	16776	0,00	1,00	0,01	99,97
2856	2906	2881	0	16776	0,00	1,00	0,00	99,97
2907	2957	2932	0	16776	0,00	1,00	0,00	99,97
2958	3008	2983	1	16777	0,00	1,00	0,01	99,98
3009	3059	3034	3	16780	0,00	1,00	0,02	99,99
3060	3110	3085	0	16780	0,00	1,00	0,00	99,99
3111	3161	3136	0	16780	0,00	1,00	0,00	99,99
3162	3212	3187	0	16780	0,00	1,00	0,00	99,99
3213	3263	3238	1	16781	0,00	1,00	0,01	100,00
3264	3314	3289	0	16781	0,00	1,00	0,00	100,00
3315	3365	3340	0	16781	0,00	1,00	0,00	100,00
3366	3416	3391	0	16781	0,00	1,00	0,00	100,00

Lo más importante a destacar del histograma es que el valor promedio ponderado se encuentra por debajo de 25 personas, lo que contrasta enormemente con la media aritmética calculada previamente de 116 personas por institución, lo cual indica que la suposición de una distribución normal no es real. Se observa además que el 90% de las escuelas (la gran mayoría) tienen aproximadamente 280 estudiantes o menos. Realizando una interpolación se tiene que aproximadamente el 70% de las instituciones (una “buena” mayoría) tienen una población de 55 personas.

3.2.2 Población escolar por provincia

En la provincia del Carchi, la población escolar se distribuye de la siguiente forma:

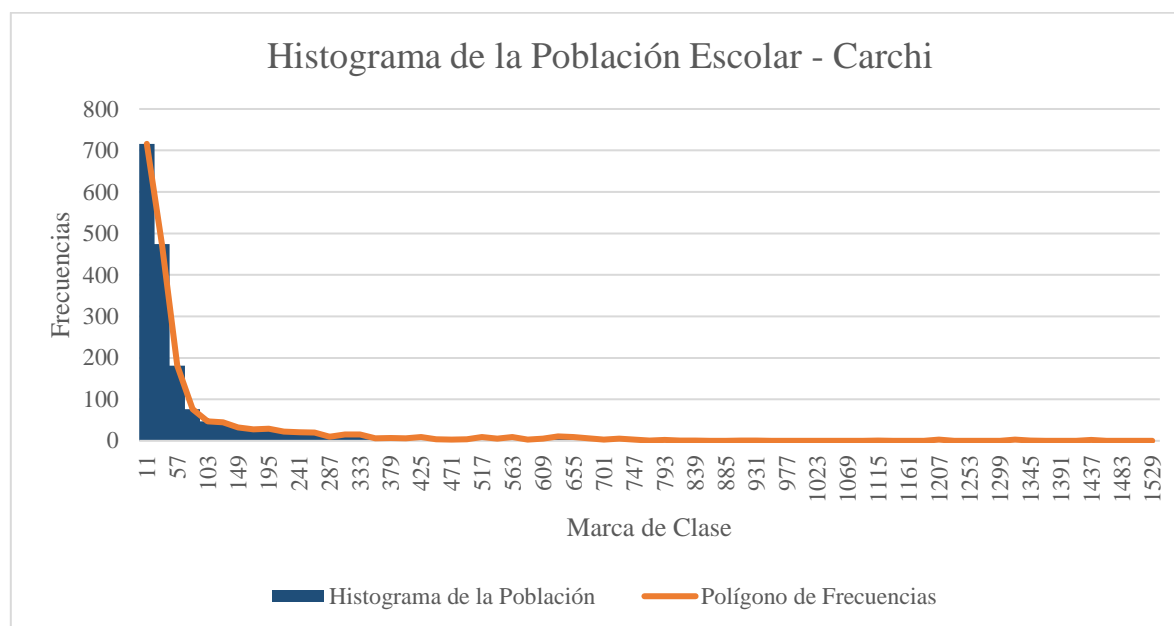


Ilustración 16.- Histograma poblacional de las escuelas en Carchi

En la provincia del Carchi sucede lo mismo que en la distribución global de la Zona 1, en la siguiente tabla se determina el porcentaje de escuelas que presentan una población del 90%:

Tabla 25. - Frecuencias poblacionales escolares de la provincia: Carchi

Límites		Marca de Clase	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Lím. Inferior	Lím. Superior	xi	fi	Fi	hi	Hi	hi (%)	Hi (%)
0	22	11	716	716	0,39	0,39	38,60	38,60
23	45	34	474	1190	0,26	0,64	25,55	64,15
46	68	57	181	1371	0,10	0,74	9,76	73,91
69	91	80	76	1447	0,04	0,78	4,10	78,01
92	114	103	47	1494	0,03	0,81	2,53	80,54

115	137	126	45	1539	0,02	0,83	2,43	82,96
138	160	149	32	1571	0,02	0,85	1,73	84,69
161	183	172	28	1599	0,02	0,86	1,51	86,20
184	206	195	29	1628	0,02	0,88	1,56	87,76
207	229	218	22	1650	0,01	0,89	1,19	88,95
230	252	241	21	1671	0,01	0,90	1,13	90,08
253	275	264	20	1691	0,01	0,91	1,08	91,16
276	298	287	10	1701	0,01	0,92	0,54	91,70
299	321	310	15	1716	0,01	0,93	0,81	92,51
322	344	333	15	1731	0,01	0,93	0,81	93,32
345	367	356	6	1737	0,00	0,94	0,32	93,64
[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]

Se puede destacar que el promedio de la población escolar es menor que 34 personas, y que el 90% de escuelas tienen una población de 241 personas o menos. Similarmente, con una interpolación se obtiene que el 70% de escuelas tienen cerca de 50 personas o menos por institución, lo cual es importante, debido a que lo que se requiere considerar para este punto es una estimación por medio de percentiles como indicadores para determinar una cobertura estimada de la población escolar a la cual se logrará abastecer, en este caso se quiere que el SCALL funcione en el 60 al 70% de las escuelas fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador).

A continuación, el análisis para la provincia de Esmeraldas:

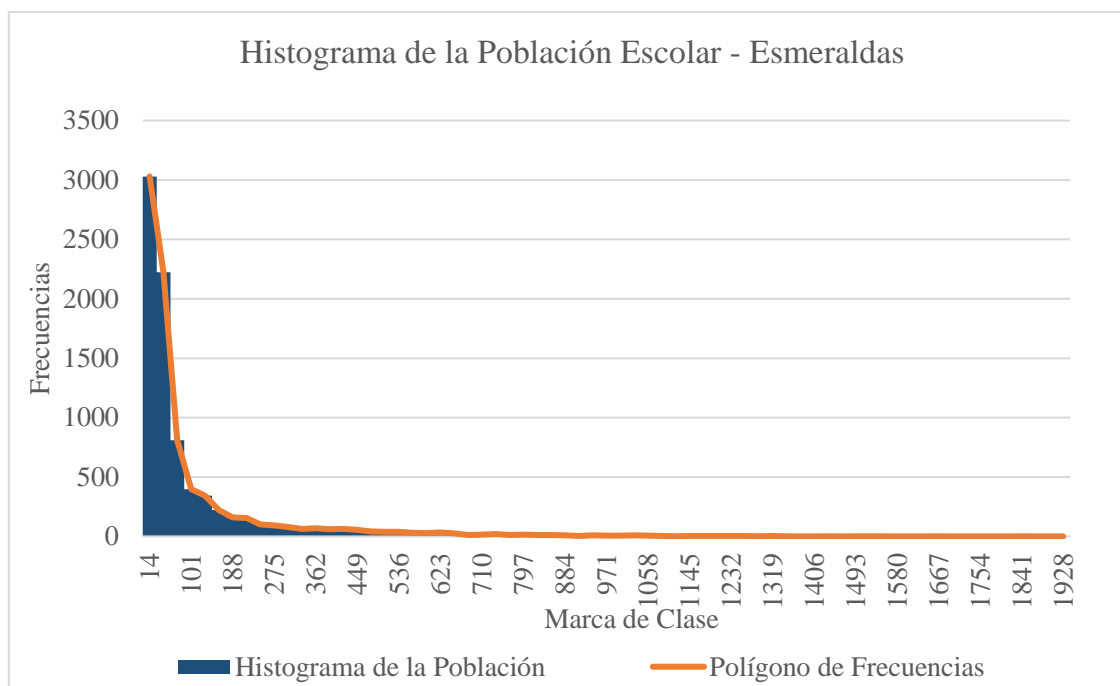


Ilustración 17. - Histograma poblacional de las escuelas en Esmeraldas

Tabla 26. - Frecuencias poblacionales escolares de la provincia: Esmeraldas

Límites		Marca de Clase	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Lím. Inferior	Lím. Superior	xi	fi	Fi	hi	Hi	hi (%)	Hi (%)
0	28	14	3030	3030	0,36	0,36	36,33	36,33
29	57	43	2224	5254	0,27	0,63	26,66	62,99
58	86	72	809	6063	0,10	0,73	9,70	72,69
87	115	101	397	6460	0,05	0,77	4,76	77,45
116	144	130	343	6803	0,04	0,82	4,11	81,56
145	173	159	223	7026	0,03	0,84	2,67	84,23
174	202	188	161	7187	0,02	0,86	1,93	86,16
203	231	217	154	7341	0,02	0,88	1,85	88,01
232	260	246	100	7441	0,01	0,89	1,20	89,21
261	289	275	92	7533	0,01	0,90	1,10	90,31

290	318	304	78	7611	0,01	0,91	0,94	91,25
319	347	333	62	7673	0,01	0,92	0,74	91,99
348	376	362	67	7740	0,01	0,93	0,80	92,79
377	405	391	60	7800	0,01	0,94	0,72	93,51
406	434	420	63	7863	0,01	0,94	0,76	94,27
435	463	449	56	7919	0,01	0,95	0,67	94,94
464	492	478	42	7961	0,01	0,95	0,50	95,44
[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]

De igual forma, para Esmeraldas el promedio ponderado se encuentra por debajo de los 43 estudiantes, y el 90% de las escuelas tienen 275 estudiantes o menos. Para este caso, la población del percentil 70 es igual a 64 personas. Bajo el supuesto de que se toma a 55 personas como población de diseño (el percentil 70 para toda la Zona 1), esta correspondería a un percentil 67 para Esmeraldas.

A continuación, el análisis correspondiente a Imbabura:

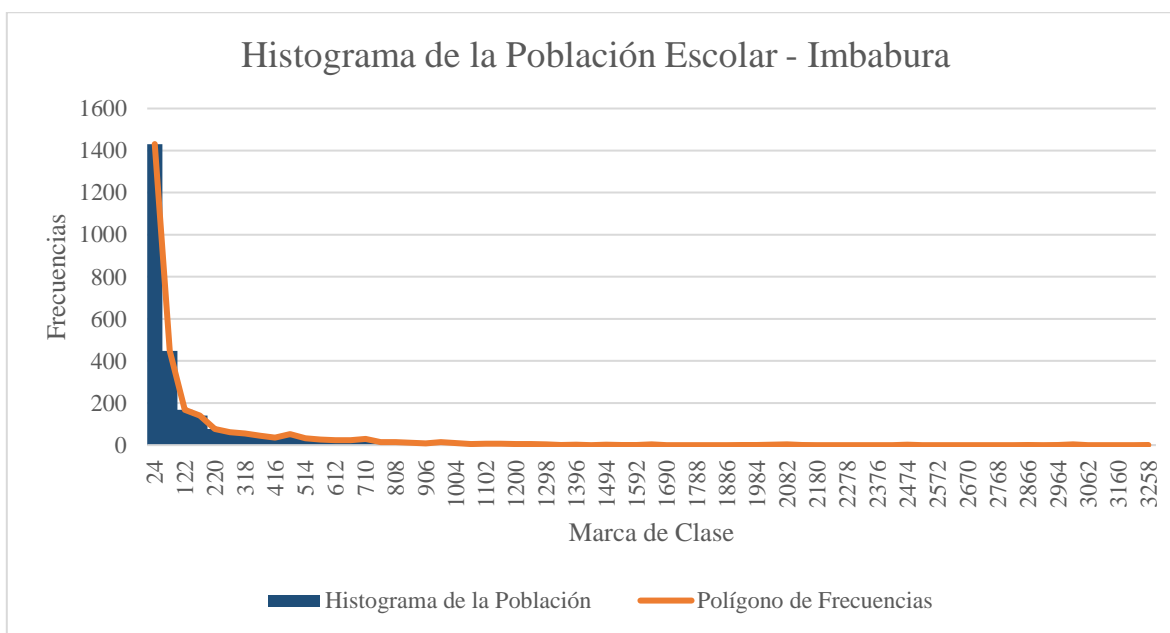


Ilustración 18. - Histograma poblacional de las escuelas en Imbabura

Tabla 27. - Frecuencias poblacionales escolares de la provincia: Imbabura

Límites		Marca de Clase	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Lím. Inferior	Lím. Superior	xi	fi	Fi	hi	Hi	hi (%)	Hi (%)
0	48	24	1431	1431	0,51	0,51	51,36	51,36
49	97	73	448	1879	0,16	0,67	16,08	67,44
98	146	122	168	2047	0,06	0,73	6,03	73,47
147	195	171	141	2188	0,05	0,79	5,06	78,54
196	244	220	76	2264	0,03	0,81	2,73	81,26
245	293	269	62	2326	0,02	0,83	2,23	83,49
294	342	318	56	2382	0,02	0,85	2,01	85,50
343	391	367	45	2427	0,02	0,87	1,62	87,11
392	440	416	36	2463	0,01	0,88	1,29	88,41
441	489	465	53	2516	0,02	0,90	1,90	90,31
490	538	514	32	2548	0,01	0,91	1,15	91,46
539	587	563	27	2575	0,01	0,92	0,97	92,43
588	636	612	24	2599	0,01	0,93	0,86	93,29
637	685	661	24	2623	0,01	0,94	0,86	94,15
686	734	710	29	2652	0,01	0,95	1,04	95,19
[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]

Para el caso de la provincia de Imbabura, el 50% de escuelas tienen al menos 24 estudiantes, lo cual indica el promedio ponderado. Mientras que el 90% de las escuelas tienen por lo menos 465 estudiantes, lo que contrasta enormemente con los otros valores que se han ido obteniendo en el análisis. La razón de esta diferencia respecto de las demás provincias puede ser que existan instituciones educativas registradas como “rurales” pero que en realidad son cercanas a la ciudad de Ibarra y que, aunque no pertenecen a la misma, son prácticamente urbanas y concentran poblaciones escolares mucho mayores que aquellas que son verdaderamente rurales. Consecuentemente, el percentil 70 de Imbabura es también mucho mayor que las otras provincias con una población de 122 personas.

Si se adoptase como población de diseño el percentil 70 de la Zona 1 (55 personas), esto representaría un percentil de 65% para las escuelas rurales de Imbabura. Buscando un valor más razonable para la población de diseño, se podría aproximar a 60 personas, la cual se acerca a un porcentaje acumulado de 67,6%, lo cual es más próximo al 70% o la “buena” mayoría de escuelas en Imbabura.

Finalmente, se presenta el análisis para Sucumbíos:

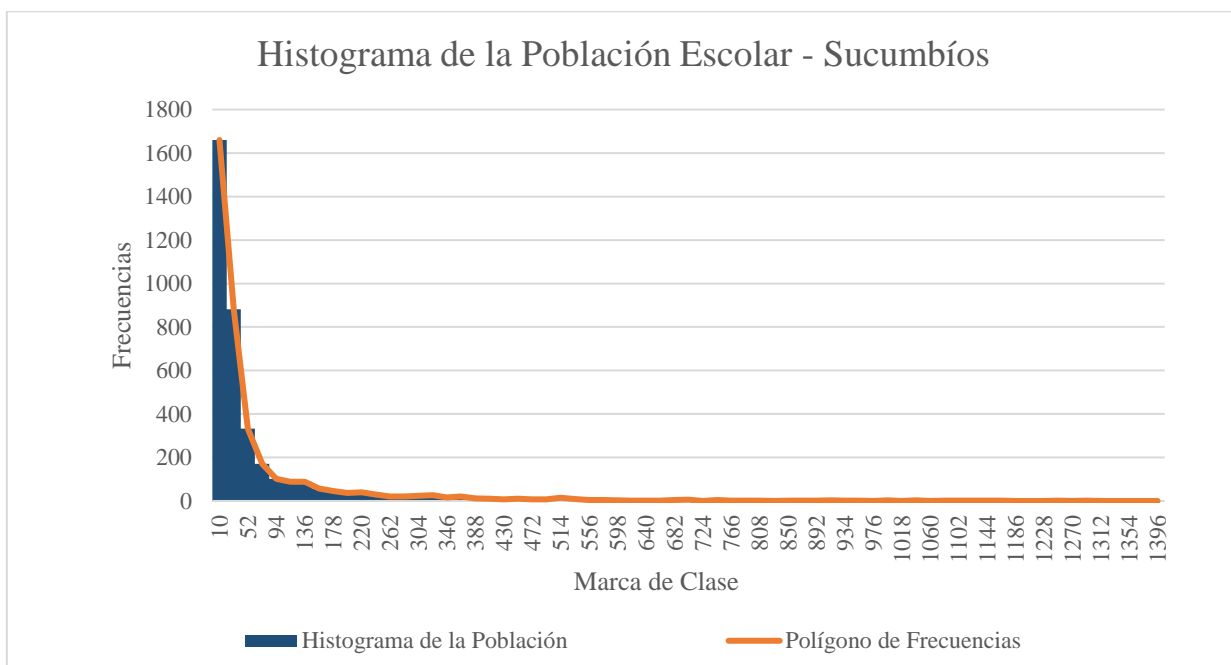


Ilustración 19. - Histograma poblacional de las escuelas en Sucumbíos

Tabla 28. - Frecuencias poblacionales escolares de la provincia: Sucumbíos

Límites		Marca de Clase	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Lím. Inferior	Lím. Superior	xi	fi	Fi	hi	Hi	hi (%)	Hi (%)
0	20	10	1660	1660	0,44	0,44	43,71	43,71
21	41	31	881	2541	0,23	0,67	23,20	66,90
42	62	52	333	2874	0,09	0,76	8,77	75,67
63	83	73	171	3045	0,05	0,80	4,50	80,17
84	104	94	101	3146	0,03	0,83	2,66	82,83
105	125	115	88	3234	0,02	0,85	2,32	85,15
126	146	136	89	3323	0,02	0,87	2,34	87,49
147	167	157	57	3380	0,02	0,89	1,50	88,99
168	188	178	46	3426	0,01	0,90	1,21	90,21
189	209	199	37	3463	0,01	0,91	0,97	91,18
210	230	220	40	3503	0,01	0,92	1,05	92,23
231	251	241	29	3532	0,01	0,93	0,76	93,00
252	272	262	21	3553	0,01	0,94	0,55	93,55
273	293	283	21	3574	0,01	0,94	0,55	94,10
294	314	304	23	3597	0,01	0,95	0,61	94,71
315	335	325	27	3624	0,01	0,95	0,71	95,42
[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]	[...]

Puede destacarse que el 90% de las escuelas tiene al menos 178 personas, lo cual sigue estando dentro del rango global de toda la Zona 1. Además, se puede determinar que en el 70% de las escuelas se tienen 38 personas o menos, lo cual con una población de diseño de 55 personas (el percentil 70 de la Zona 1) cubriría las necesidades de la buena mayoría de escuelas fiscales rurales en Sucumbíos.

Todo el análisis puede resumirse brevemente en la siguiente tabla:

Tabla 29. - Resumen de la población mayoritaria en las provincias

Área geográfica	Población mayoritaria	Porcentaje determinado (%)
Zona 1	280	90.70
Provincia de Carchi	241	90.08
Provincia de Esmeraldas	275	90.31
Provincia de Imbabura	465	90.31
Provincia de Sucumbíos	178	90.21

3.2.3 Población de diseño

La población de diseño del SCALL será igual una población mayoritaria en las escuelas fiscales y rurales de la Zona 1. Para determinarla, se estimaron poblaciones de los percentiles 90 y 70 (representando la gran mayoría y una “buena” mayoría, respectivamente) de la Zona 1 y de cada provincia individualmente. Se encontró que el 90% de escuelas fiscales-rurales en toda la Zona 1 tiene hasta 280 personas, resaltando que este valor no es representativo de la provincia de Imbabura por tener valores significativamente distintos al resto de provincias. Al considerar a 280 personas como población de diseño en todas las provincias se lograría abastecer al menos al 90% de instituciones, pero con ese valor se lograría abastecer a cerca del 85% de las escuelas fiscales-rurales en Imbabura. Sin embargo, para adoptar un valor de diseño de un SCALL una demanda de 280 es aún muy alta, no solo porque demandaría de mayor inversión, sino porque se asume que las escuelas rurales de menor población son probablemente las más remotas y, por lo tanto, las más desatendidas por servicios públicos de agua potable y las que mayor provecho obtendrían de un SCALL. Por lo tanto, una población de diseño más razonable sería de 60 personas, con la cual se podría abastecer a aproximadamente el 65% de las escuelas fiscales-rurales de la Zona 1 como se ha ido determinando para cada provincia.

3.3 Ubicación geográfica

En Ecuador, los núcleos educativos son denominados “zonas” y funcionan como unidades organizativas y tienen como propósito prestar los servicios administrativos y educativos a nivel local. Mediante esta zonificación se pretende agilizar los procesos pedagógicos y de calidad de la educación, cumpliendo con las normativas establecidas. (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [Senplades], 2012)

Con este mismo propósito, la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (Senplades), conformó niveles administrativos de planificación conformadas por provincias del Ecuador, de acuerdo con una proximidad geográfica, cultural y económica; esta distribución permite una mejor identificación de necesidades y soluciones efectivas para la prestación de servicios, tales como el agua, saneamiento e higiene dentro de las instituciones pertenecientes (Senplades, 2012).

Una de las zonas administrativas del Ecuador es la Zona 1 Norte que está conformada por las provincias de Carchi, Esmeraldas, Imbabura y Sucumbíos, localizándose en el extremo norte de la República del Ecuador (Senplades 2012). A continuación, se realizará una breve introducción sobre la ubicación de cada una de estas provincias con sus respectivos cantones mediante la ayuda de imágenes satelitales de Google Earth y la presentación de datos de superficie (área) proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2010). La siguiente ilustración muestra la ubicación geográfica de todas las provincias pertenecientes a la Zona 1 del Ecuador:



Ilustración 20. - Ubicación geográfica de las provincias de la Zona 1 del Ecuador

Esmeraldas:



Ilustración 21. – Cantones de la provincia de Esmeraldas

La provincia de Esmeraldas se encuentra ubicada al nororiente del país y se concentran un total de siete (7) cantones los cuales se muestran en la ilustración. Según INEC (2010) la provincia cuenta con una superficie de aproximadamente 16132,23 km².

Carchi:



Ilustración 22. - Cantones de la provincia del Carchi

La provincia del Carchi se encuentra ubicada al centro norte del país y se concentran un total de seis (6) cantones, los cuales se muestran en la ilustración. Según el INEC (2010) la provincia cuenta con una superficie de aproximadamente 3780,45 km².

Imbabura:



Ilustración 23. - Cantones de la provincia de Imbabura

La provincia de Imbabura se encuentra ubicada al centro norte del país, al sur de la provincia del Carchi, y se concentran un total de seis (6) cantones, los cuales se muestran en la ilustración. Según el INEC (2010) la provincia cuenta con una superficie de aproximadamente 4587,51 km².

Sucumbíos:



Ilustración 24. - Cantones de la provincia de Sucumbíos

La provincia de Sucumbíos se encuentra ubicada al noreste del país, y se concentran un total de siete (7) cantones, los cuales se muestran en la ilustración. Según el INEC (2010) la provincia cuenta con una superficie de aproximadamente 18084,42 km².

Para el año 2021 en la Zona 1 del Ecuador se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto al número de escuelas por provincia y por cantón:

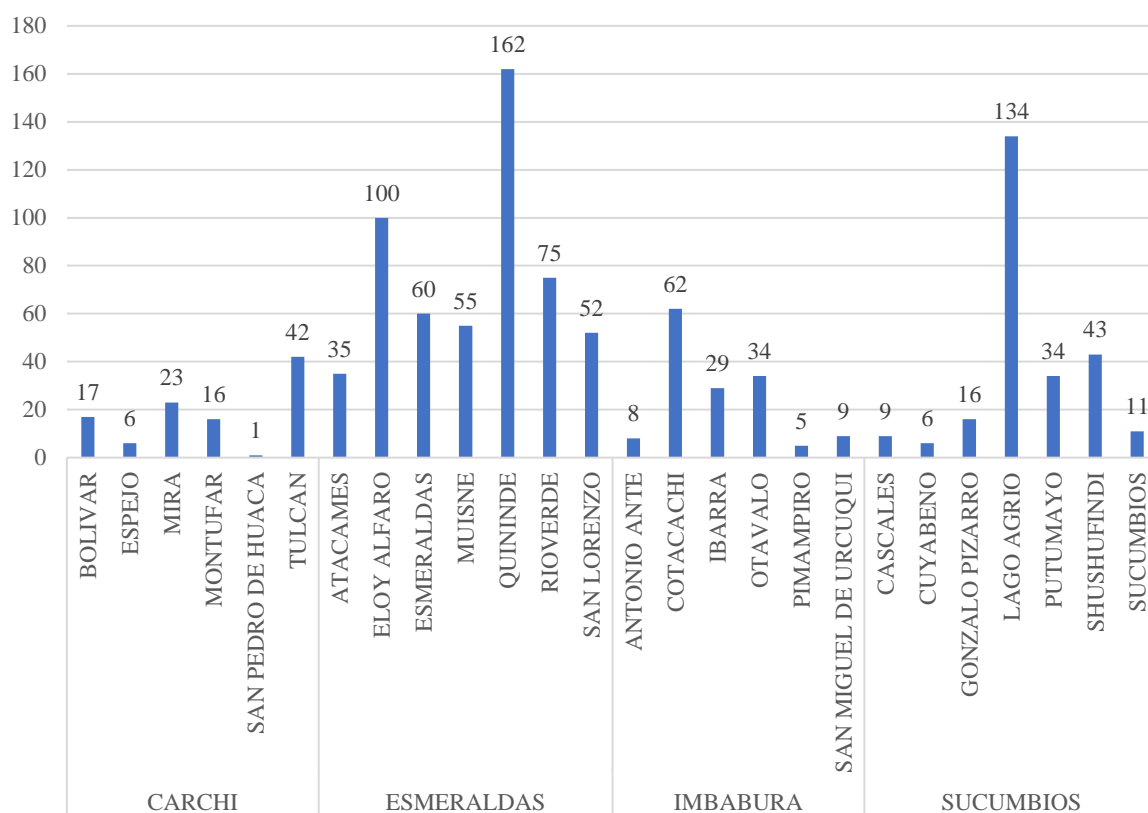


Ilustración 25. - Número de unidades educativas de la Zona 1, desglosadas por provincia y por cantón

Se tienen 1044 instituciones educativas en toda la Zona 1 del Ecuador. Desglosando los resultados por provincia y por cantón para el año 2021 (últimos datos), para la provincia del Carchi en el cantón de Mira, se tiene el mayor número de instituciones educativas (23 escuelas); el cantón de Quininde es el que cuenta con mayor número de escuelas (162 unidades) para la provincia de Esmeraldas; para la provincia de Imbabura, el cantón de Cotacachi es el que posee la mayor cantidad de instituciones educativas (62 unidades); y, finalmente, la provincia de Sucumbíos en el cantón de Lago Agrio tiene su mayor concentración de unidades educativas (134 escuelas). En cuanto a la cuenta global de la Zona

1 del Ecuador se puede destacar que la provincia de Esmeraldas es la que cuenta con el mayor número de unidades educativas fiscales rurales con 539 escuelas, seguida por la provincia de Sucumbíos con 253 escuelas, seguida de la provincia de Imbabura con 147 escuelas y finalmente la provincia del Carchi es la que tiene el menor número de instituciones educativas fiscales rurales ya que solo cuenta con 105 escuelas.

En cuanto a la población total y el promedio aritmético, se obtuvieron los siguientes resultados para cada provincia y cantón:

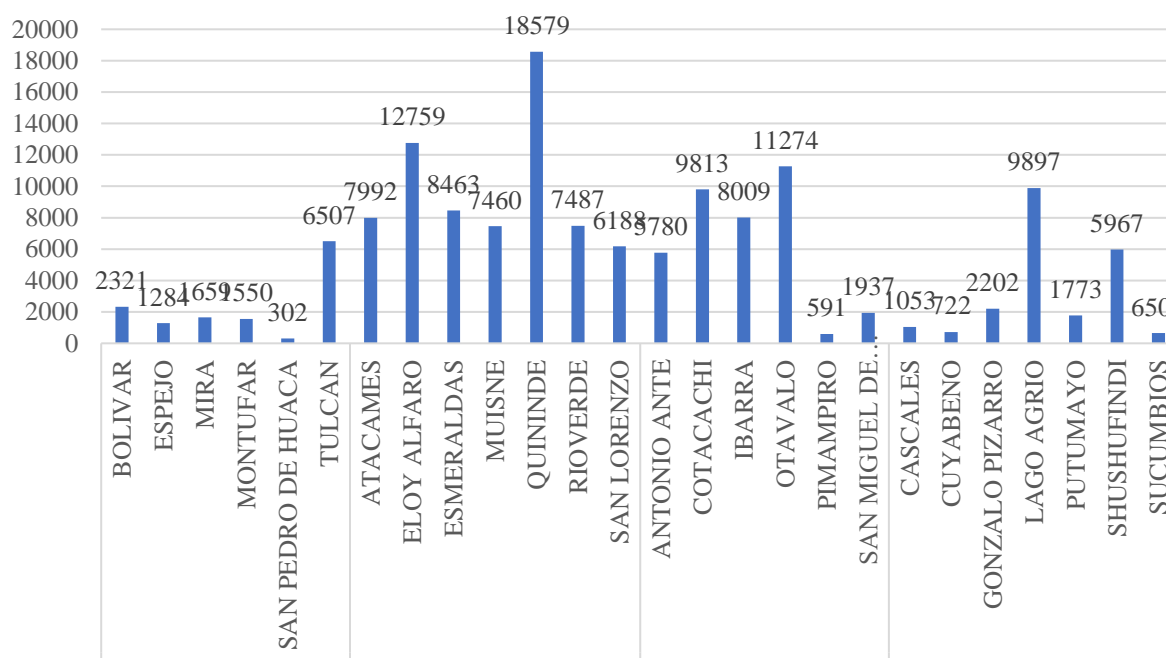


Ilustración 26. - Total poblacional de las escuelas de la Zona 1, desglosado por provincia y por cantón

De la ilustración se puede destacar que la provincia de Esmeraldas es la que cuenta con el mayor número de personas en las unidades educativas siendo el cantón de Quininde el que cuenta con mayor concentración de personas, la siguiente provincia es la de Imbabura en el cantón de Otavalo con mayor número de población escolar, luego sigue la provincia de Sucumbíos con 9897 personas en el cantón de Lago Agrio y finalmente el cantón del Carchi cuenta con 6507 personas en el cantón de Tulcán. Por lo tanto, los cantones principales con la mayor cantidad poblacional serían los de Quininde, Otavalo, Lago Agrio y Tulcán.

Los resultados obtenidos se pueden visualizar gracias al siguiente mapa de la Zona 1 del MINEDUC (2022), en donde se observan la concentración poblacional por provincia y por cantón de las escuelas fiscales rurales de esta Zona:

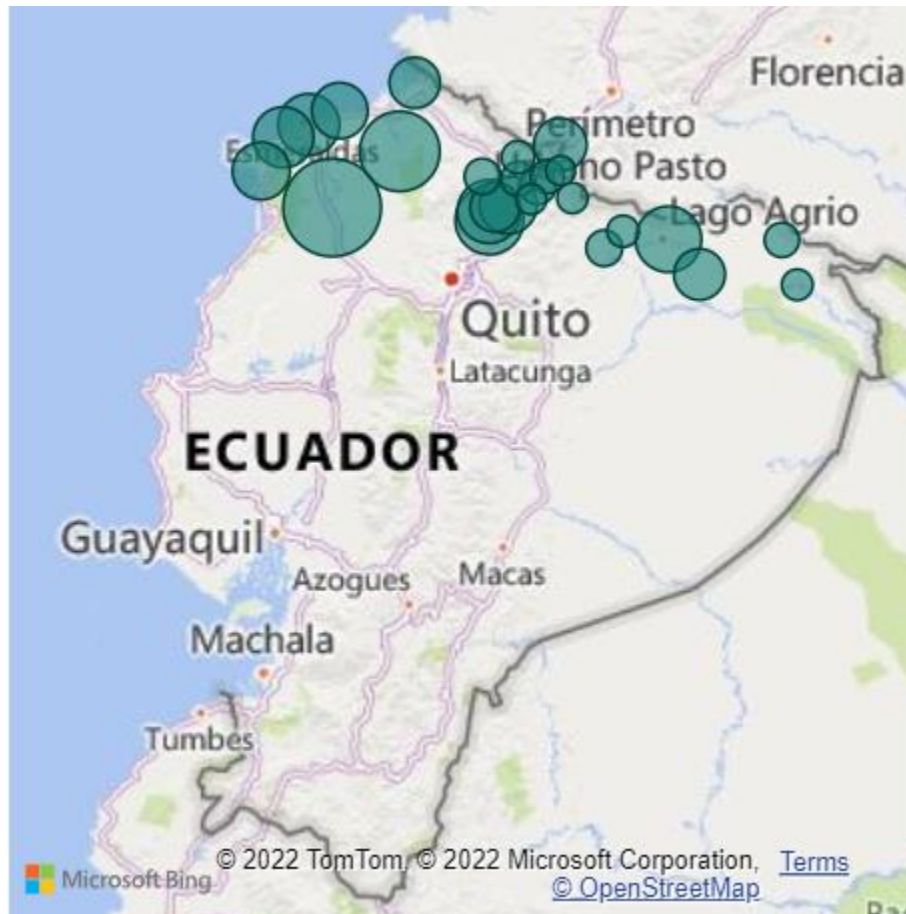


Ilustración 27.- Concentración poblacional de la Zona 1 por provincia

En la siguiente ilustración se resumen los resultados en forma gráfica gracias a ilustraciones obtenidas del MINEDUC (2022), de forma más detallada para cada cantón, así como la cantidad de unidades educativas totales de cada cantón:

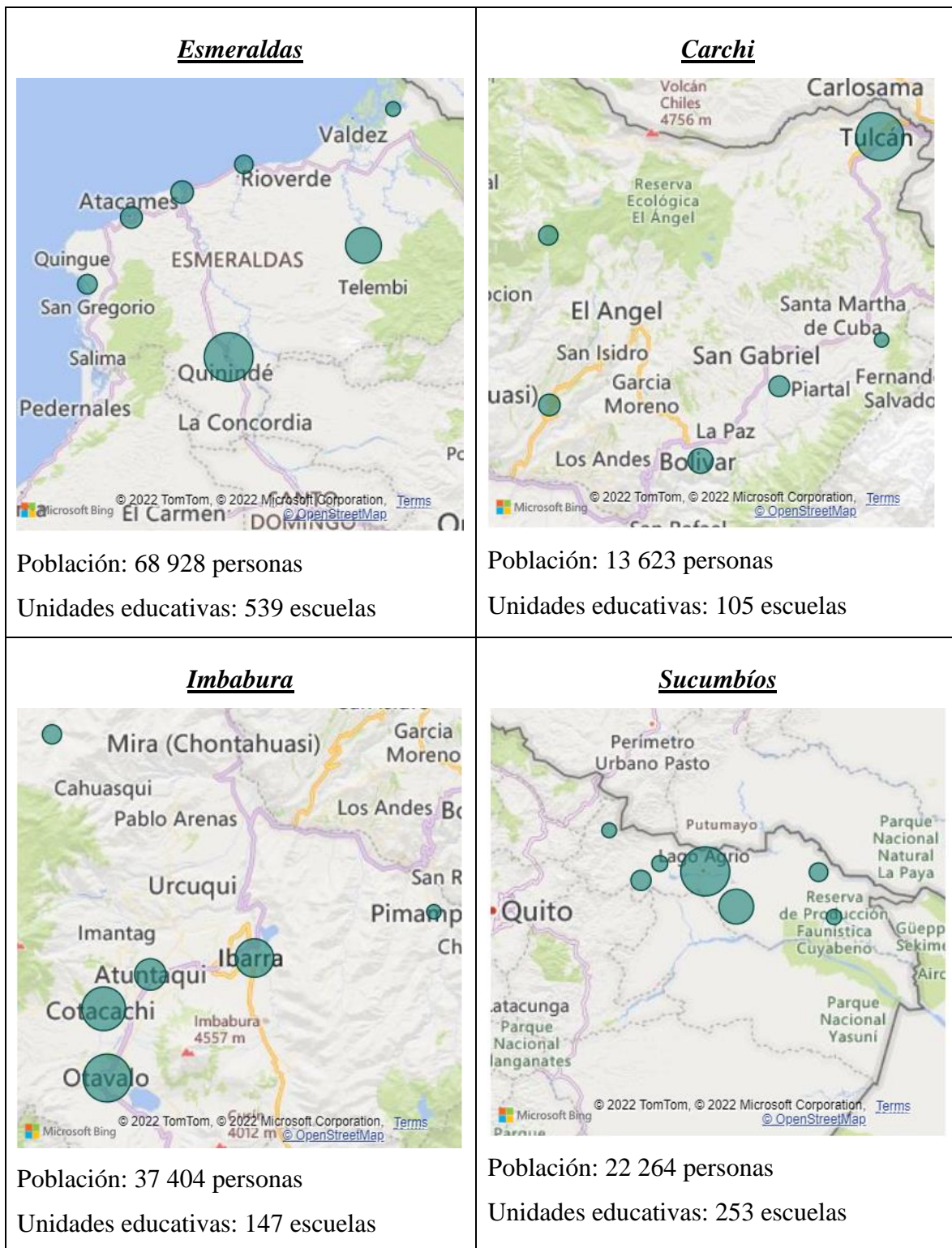


Ilustración 28. - Concentración poblacional y unidades educativas fiscales-rurales para cada provincia y cantón de la Zona 1

3.4 Condiciones de servicios WASH

3.4.1 Agua

A fin de realizar un monitoreo de los avances logrados a lo largo del tiempo en agua, el saneamiento y la higiene (WASH) en las escuelas como parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se requiere una tabulación de la cobertura de los servicios “básicos”. Para esto se realizan encuestas con preguntas recomendadas por OMS y UNICEF (organizaciones que conforman el Programa de Monitoreo Conjunto, JMP por sus siglas en inglés) para apoyar el análisis empleando las definiciones armonizadas de los indicadores y reflejando las escalas de servicio que pueden utilizarse para hacer un monitoreo de los progresos (UNICEF, 2012).

Dentro de la problemática analizada, los indicadores referentes a servicios básicos en la Zona 1 son bajos si se comparan con los datos nacionales: el acceso a la red pública de agua en la Zona 1 se alcanza en un 73,21%, mientras que a nivel nacional se tiene un 88,5%.

A continuación, se presentarán los resultados para las escuelas fiscales rurales de la Zona 1 de la encuesta nacional sobre servicios WASH realizada por el MINEDUC (2020).

3.4.1.1 Fuentes de Agua:

¿Cuál es la principal fuente de agua para consumo de la escuela?:

En la siguientes ilustraciones se muestran las principales fuentes de agua para consumo en escuelas fiscales rurales de la Zona 1, de la encuesta realizada por el MINEDUC (2020):

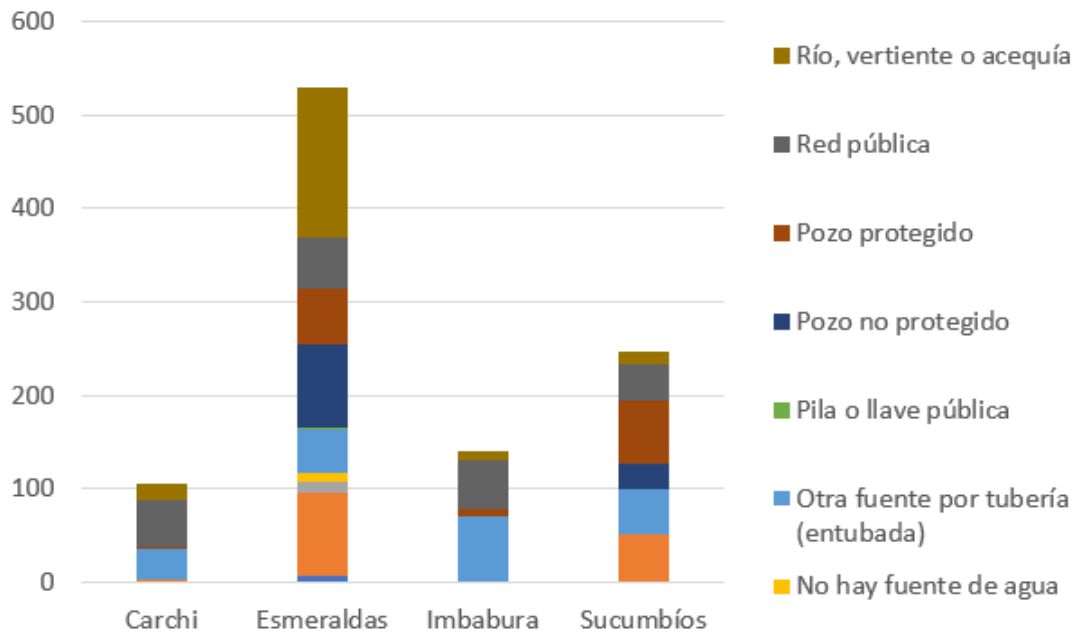


Ilustración 29. – Principal fuente de agua en escuelas de la Zona 1

Aquí se observa una varianza significativa en las fuentes principales de agua según las provincias de la Zona 1. En una visión generalizada se aprecian que una gran parte el agua proviene de la red pública y de una fuente por tubería, aunque también se aprovecha las vertientes de ríos o acequias, sobre todo en la “Provincia verde”, Esmeraldas. Para apreciar mejor estas diferencias se analizan las provincias por separado en cada una de las ilustraciones que se muestran a continuación.

✓ Carchi

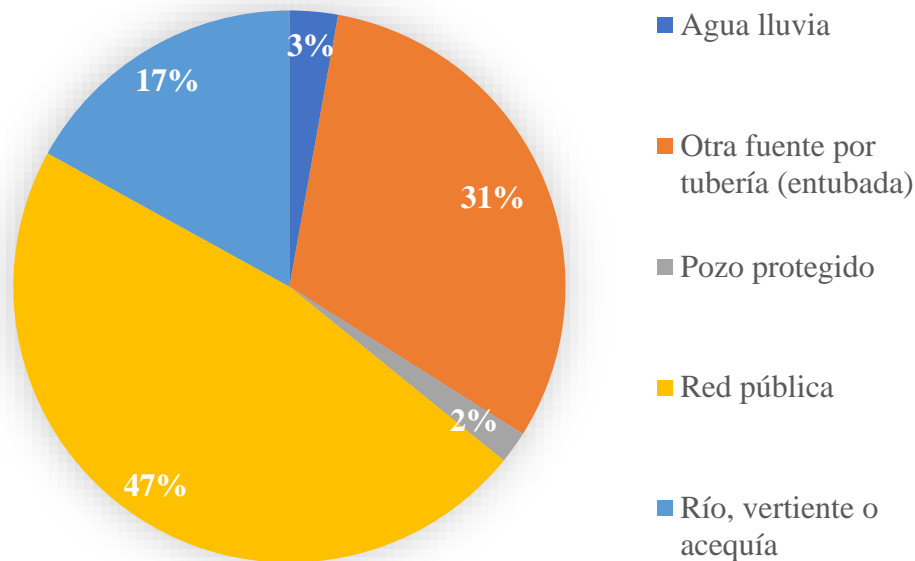


Ilustración 30. – Principal fuente de agua en escuelas del Carchi

En la Provincia del Carchi, identificada con el código 04, prácticamente la mitad de las escuelas obtienen agua de una red pública (47%), seguido de un 31% que lo obtiene de una fuente entubada. Aunque en menor magnitud, pero también existen planteles que aprovechan el cauce de ríos o vertientes y un mínimo 3% de instituciones obtienen el agua de un pozo protegido. Lo más alarmante a destacar en cuanto a los suministros de agua de fuentes como ríos, vertientes, acequias, pozos no protegidos e incluso la misma agua de lluvia (debido a la contaminación de las superficies de captación o recipientes), es que podrían ser fuentes de agua contaminada, siendo estas las principales forma de abastecimiento de los planteles en cada una de las provincias como se podrá observar a continuación, no solo en la provincia de Carchi. El riesgo principal de este tipo de fuentes es que las autoridades como usuarios de las instalaciones sanitarias de las instituciones educativas pueden no estar conscientes de este hecho, lo cual facilitaría la propagación de infecciones, como enfermedades gastrointestinales o vectores patógenos, debido a que en zonas rurales el agua es muy usada para la agricultura o ganadería, e incluso las comunidades aprovechan este recurso y contaminan la fuente de manera inconsciente al ejecutar sus actividades higiénicas diarias.

✓ Esmeraldas

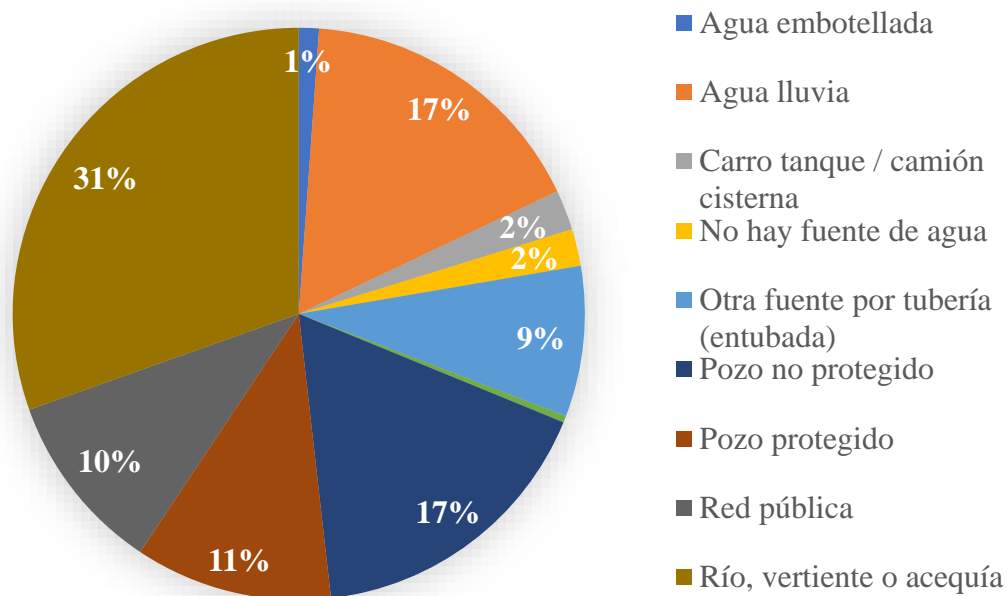


Ilustración 31. - Principal fuente de agua en escuelas de Esmeraldas

En la provincia de Esmeraldas, enumerada con el código 08, la mayoría de las escuelas obtiene su fuente de agua de un río o vertiente, esto es lógico ya que esta zona es denominada la provincia verde por su riqueza de vegetación, bañada por gran cantidad de ríos, vertientes o acequias. Pero también una gran parte obtiene de pozos protegidos, esto es una diferencia notoria con respecto al resto de provincias. Un dato esclarecedor que servirá para el desempeño de esta investigación es que un 17% de las escuelas utilizan el agua lluvia como su sustento. Cabe recalcar que un 2% de las escuelas no posee fuente de agua o son abastecidas por tanqueros, lo cual resulta alarmante para el caso de las escuelas que no cuentan con este suministro.

✓ Imbabura

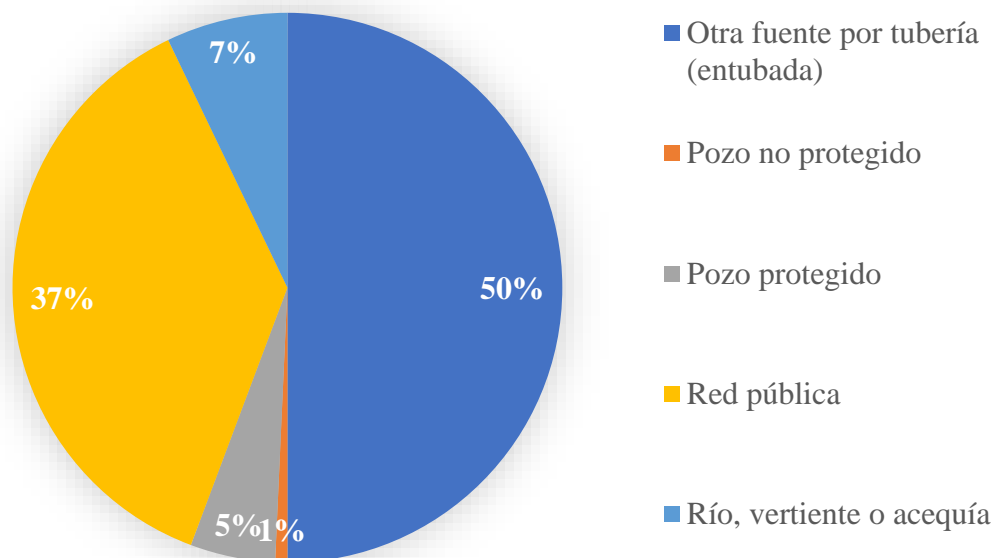


Ilustración 32. - Principal fuente de agua en escuelas de Imbabura

En Imbabura, enumerada con el código 10, el 50% de las escuelas obtiene el agua de una tubería. Un 37 % de escuelas cuentan con suministro por red pública, de esta manera se puede hacer un gran énfasis en que un alto porcentaje de escuelas en las provincias de Carchi e Imbabura cuentan con suministro público, mientras que en provincias como Esmeraldas y Sucumbíos (lo cual se evidencia en la siguiente ilustración), se notan brechas más marcadas ya que este suministro está por debajo del 17% y 16% respectivamente. Finalmente se puede mencionar que el 6% de las escuelas, tiene una fuente de agua proveniente de pozos.

✓ Sucumbíos

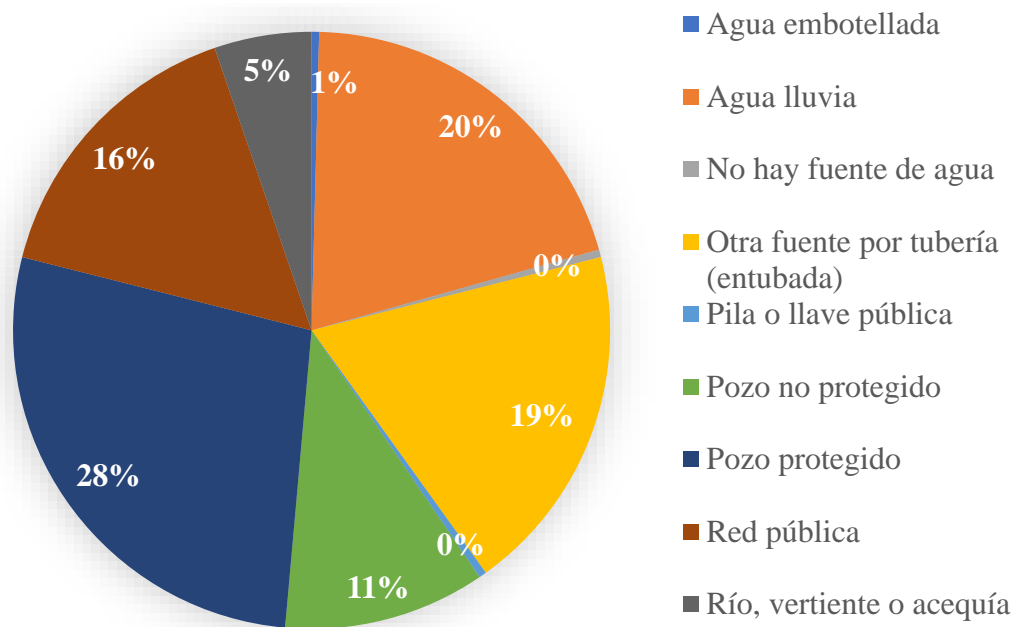


Ilustración 33. - Principal fuente de agua en escuelas de Sucumbíos

Sucumbíos, enumerada con el código provincial 21, presenta un gráfico más diverso y distribuido, sin una predominancia notoria en la fuente de agua. Un dato para destacar es que, en su mayoría, el 28% de las escuelas ocupan el agua proveniente de un pozo protegido. Las fuentes por tubería y red pública también son notorias, pero el 20% ocupan el agua lluvia como su fuente principal de abastecimiento. Algo curioso es que en esta provincia sí ocupan agua embotellada, aunque apenas un 1%, y de una pila o llave pública. Hay que recalcar que en esta provincia existe una mínima cantidad de escuelas sin fuente de agua pero conjuntamente con Esmeraldas son las dos provincias en las que se puede evidenciar la carencia de servicio en alguna las escuelas, ya que para provincias como Imbabura y Carchi no se evidenció este problema. Finalmente se puede destacar que tanto esta provincia (Sucumbíos) como la provincia de Esmeraldas son las que disponen de una menor cobertura en cuanto a fuentes de agua públicas, lo que nos da a entender que sus poblaciones están muy dispersas o que el servicio de abastecimiento de agua en la mayoría de las escuelas no es el adecuado ya que para el resto de los tipos de abastecimiento de agua no se puede garantizar la calidad de la fuente.

3.4.1.2 Continuidad del servicio de distribución de agua

¿Dispone la escuela actualmente de agua para consumo procedente de la fuente principal?: En la siguientes ilustraciones se muestran los resultados de la encuesta del MINEDUC (2020) en cuanto a la disposición de agua de la fuente principal para consumo en escuelas fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador:

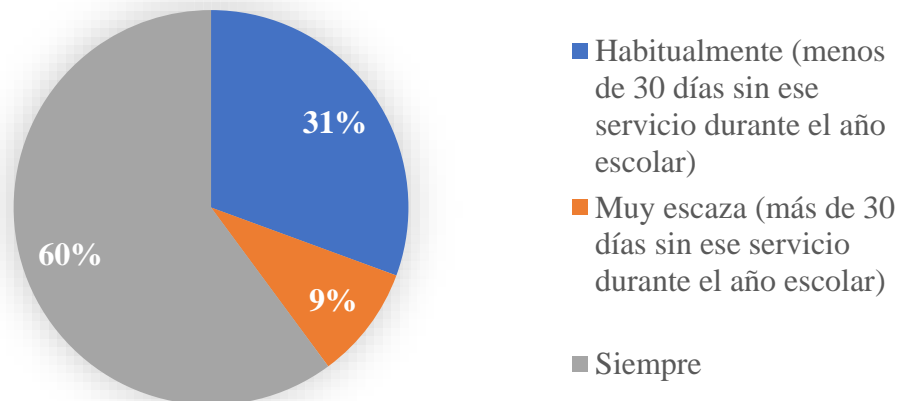


Ilustración 34. – Disponibilidad de la fuente principal en provincias de la Zona 1

El 60% de las escuelas de la Zona 1, la mayoría, sí posee constantemente el agua de las principales fuentes de abastecimiento, seguido de un 31% presenta falta de abastecimiento por menos de 30 días durante el año escolar. No hay que dejar de recalcar que una parte de las escuelas, el 9% para ser exactos, presenta ausencia de agua durante más de 30 días durante el periodo lectivo.

✓ Carchi

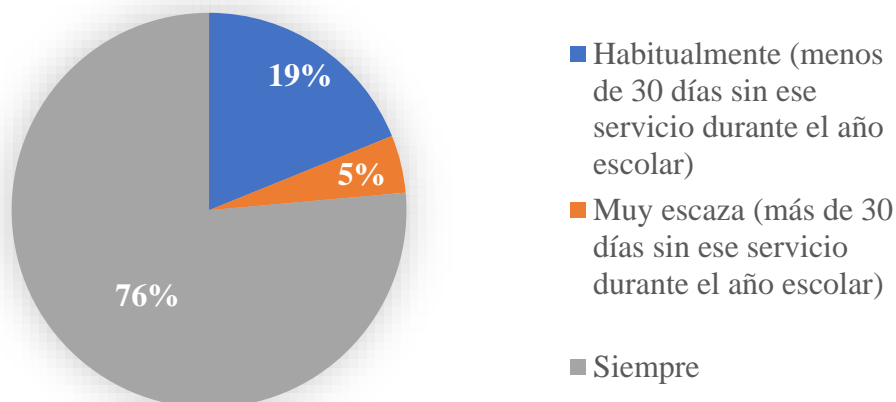


Ilustración 35. – Disponibilidad de la fuente principal en el Carchi

En Carchi una gran mayoría de las escuelas, 81 de ellas, el 76%, no presenta inconveniente para el abastecimiento de agua durante todo el año, 20 de ellas (19%) habitualmente presentan ausencia de este recurso y solamente 5 escuelas (5%) tiene dificultad más de 30 días durante el año lectivo para obtener agua.

✓ Esmeraldas

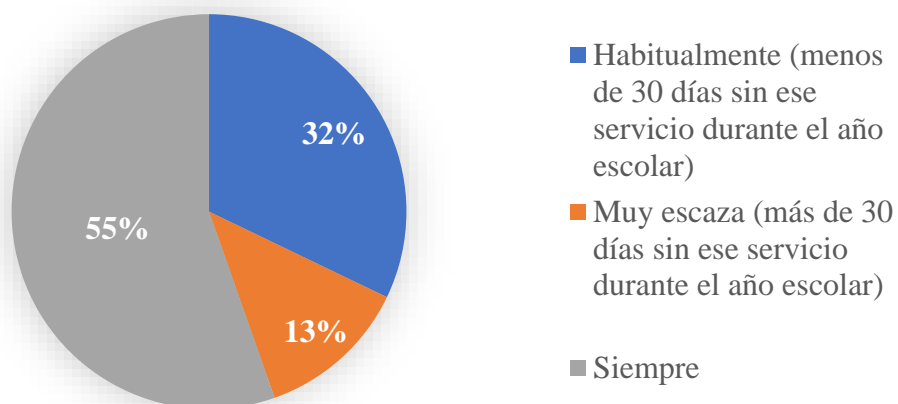


Ilustración 36. – Disponibilidad de la fuente principal en Esmeraldas

En Esmeraldas 293 escuelas (55%), siempre cuentan con abastecimiento de su fuente principal, 170 escuelas (32%) de esta provincia presentan ausencia de recursos durante al menos de 30 días en el año escolar, y 66 escuelas (13%), que una cantidad notoria, no pueden obtener de agua y presentan un abastecimiento muy escaso.

✓ Imbabura

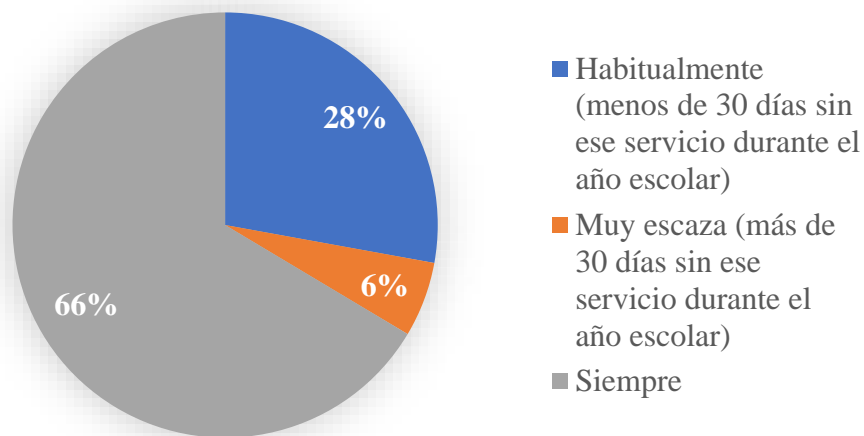


Ilustración 37. – Disponibilidad de la fuente principal en Imbabura

En Imbabura apenas el 6% de las escuelas presenta un abastecimiento muy escaso, mientras que 28% obtienen agua habitualmente de su fuente principal y 66% de ellas afortunadamente siempre cuentan con este servicio.

✓ Sucumbíos

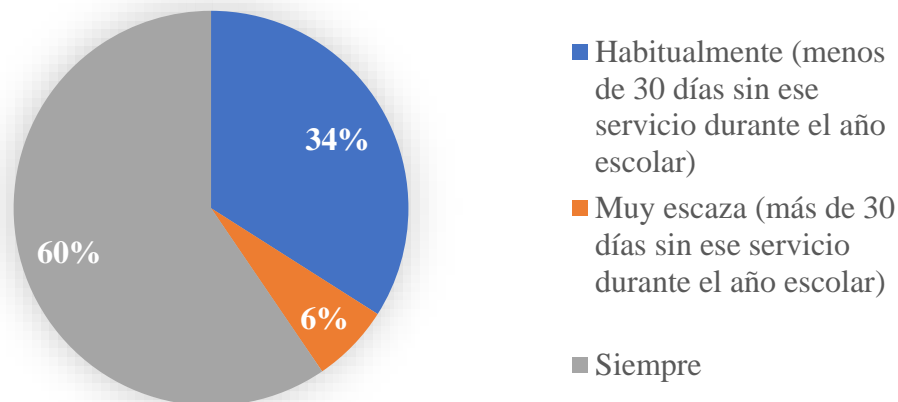


Ilustración 38. – Disponibilidad de la fuente principal en Sucumbíos

En Sucumbíos, 147 escuelas que representan el 60% del total, siempre cuentan con el servicio de su fuente principal, 84 que son el 34% lo obtienen de manera habitual, pero 16 que representan el 6% lo obtienen de manera escasa.

De todos los gráficos anteriores se puede destacar que para la provincia de Carchi e Imbabura se cuenta con un abastecimiento continuo de agua, seguido de Sucumbíos, y finalmente se encuentra la provincia de Esmeraldas en la cual se evidencia aún más esta carencia ya que el 45% de las escuelas que formaron parte de la encuesta del MINEDUC (2020) no cuentan con un suministro continuo de agua. De esta manera junto con la información anterior, se puede destacar que para las escuelas fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador, las instituciones pertenecientes a las provincias de Esmeraldas y Sucumbíos son las que más requieren de medios de almacenamiento de agua tecnificados y atención prioritaria para solventar estos problemas de agua, tanto por el tipo de fuente como por la continuidad del servicio que no son adecuados, se evidencia una situación alarmante en estas instituciones. Además un SCALL es ideal puesto a que cierta parte de las instituciones en estas provincias cuentan con estos sistemas y están familiarizados con el concepto.

3.4.1.3 Fuentes de Agua para consumo directo de los estudiantes:

¿Cuál es la fuente de agua para consumo de los estudiantes en la escuela?:

En la respuesta a esta pregunta establecida por el JMP, se señala la fuente de agua directamente para el consumo de los estudiantes durante su diario vivir, así por ejemplo obteniéndolo directamente del grifo, o trayéndolo en botella desde su casa. Para esto se presenta tablas con la cantidad de escuelas por provincia en las que se señala si su fuente es de bebederos conectados a la red, de botellones proporcionados por las escuelas, desde el grifo o si ellos lo traen directamente de sus propias casas.

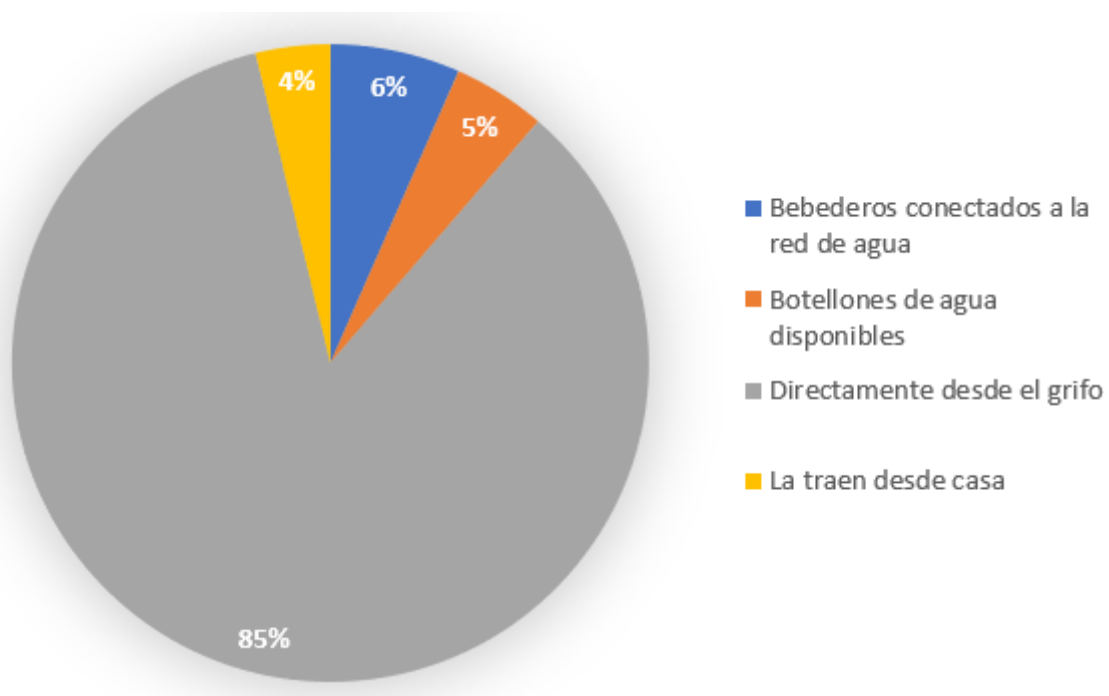


Ilustración 39. – Fuente principal de las escuelas de la Zona 1

Este gráfico refleja de manera resumida la fuente de agua de la que se abastecen todas las escuelas fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador, pudiendo observar que la gran mayoría obtienen el agua directamente desde el grifo, siendo menor la obtención de agua de bebederos de la red pública, de botellones o de cada hogar de los estudiantes.

3.4.2 Saneamiento

Los cantones con coberturas de saneamiento más bajas (menos del 56% de la población) se encuentran en la región amazónica. Los cantones con coberturas de la Sierra más bajas son: Chillanes, Suscal, Pangua, Pujilí, Alausí, Guamote, Chaguarpamba, Espíndola, Gonzanamá, Sozoranga, Zapotillo y Pindal, y en la región de la Costa, los cantones de Eloy Alfaro, Muisne, San Lorenzo, Chilla, Santa Lucía, Salitre y Palenque. Varios de ellos pertenecientes a la Zona 1 (Pozo, 2019)

Por su parte, Esmeraldas cuenta con coberturas de saneamiento básico de 82%, presenta mejoras en la cobertura de saneamiento de 9,6 y 16,3% entre 2001 y 2010, crecimientos poblacionales de alrededor del 20% desde 2001, y las cifras de pobreza por consumo de 31% y 31,7%, respectivamente (Pozo, 2019)

Con lo que respecta al saneamiento, las preguntas principales que establece el JMP se enfocan en el tipo de sistema de saneamiento que poseen las escuelas y la accesibilidad a los mismos. También valora si los retretes son o no diferenciados por sexo. La presente investigación no está enfocada en este ámbito, por lo que se presenta los datos obtenidos de manera general.

Accesibilidad y localización

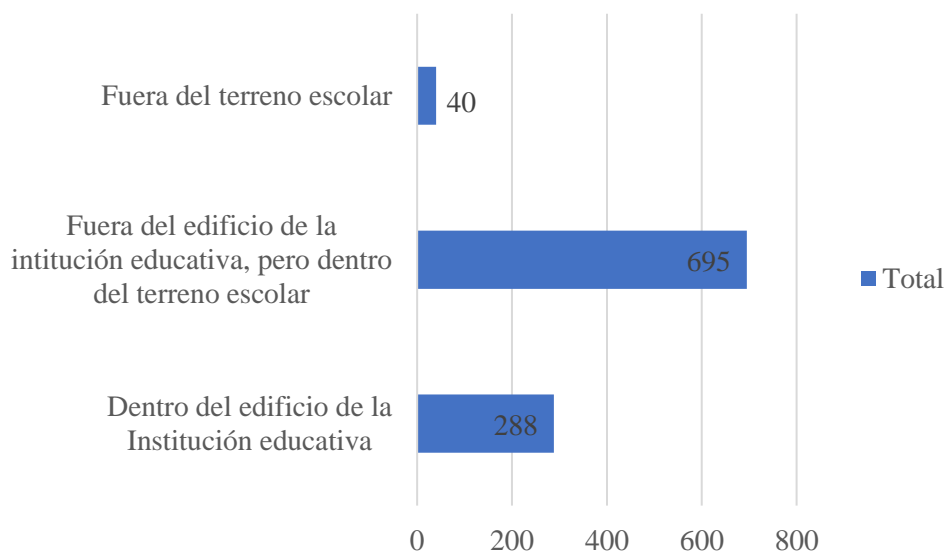


Ilustración 40. – Accesibilidad y localización de escuelas de la Zona 1

Ubicación de los inodoros

La mayoría de las instituciones de la Zona 1 tienen ubicado los inodoros fuera del edificio, pero dentro del terreno escolar, mientras que 288 los tienen ubicados dentro de la misma institución. Cabe destacar que, minoritariamente, 40 instituciones ubican sus inodoros fuera del terreno escolar.

3.4.3 Higiene

El monitoreo de los servicios de WASH en las escuelas se ha centrado en la cobertura de los servicios de agua y saneamiento, a pesar de las evidencias que indican que lavarse las manos con jabón puede tener una repercusión aún mayor en la salud. Actualmente las instalaciones para el lavado de manos se han incluido en la definición del indicador de los servicios de WASH en las escuelas en el marco de los ODS (UNICEF, 2012). Las preguntas principales sobre la higiene fomentan un mejor monitoreo de este importante aspecto de los servicios de WASH en las escuelas.

Servicio de higiene en escuelas rurales fiscales de la Zona 1.

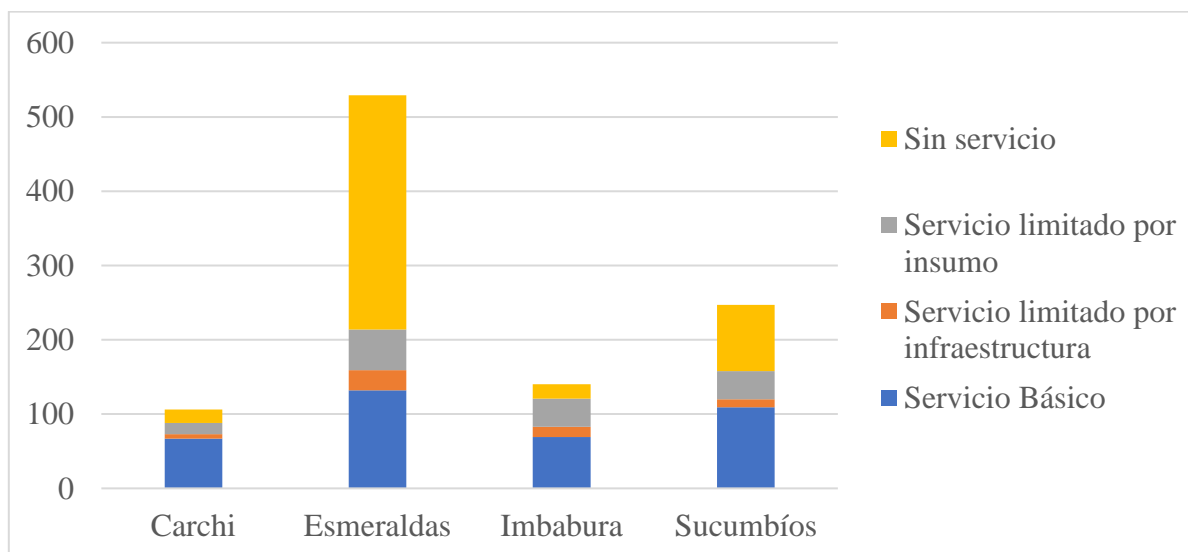


Ilustración 41. – Nivel de servicio de higiene en escuelas de la Zona 1.

Las preguntas principales sobre la higiene fomentan un mejor monitoreo de este importante aspecto de los servicios de WASH en las escuelas, incluidas, entre otras, la presencia de una infraestructura y la provisión de agua. Podemos observar una similitud entre Carchi e Imbabura con una predominancia de servicio básico, seguidos de Sucumbíos que presenta una cantidad considerable de escuelas sin servicio. Pero lo realmente alarmante es en la provincia de Esmeraldas, que hay una notable mayoría de escuelas fiscales rurales que no poseen servicio en cuando al ámbito de la higiene se refiere.

Es por esto por lo que se debería de atender de manera prioritaria a las escuelas fiscales rurales de las provincias de Esmeraldas y Sucumbíos en la Zona 1, porque tanto su abastecimiento como condiciones de higiene no son adecuadas para garantizar una igualdad de condiciones con respecto a instituciones en otros sectores como el urbano. Es primordial brindar estas condiciones para fomentar una mejor educación a nivel rural y evitar el absentismo o la deserción escolar la cual es muy alta en este sector. El abastecimiento de agua juega un papel muy importante no solo evitando focos de transmisión de enfermedades o incentivando prácticas higiénicas para la vida, sino que también mejora la calidad de vida de las comunidades, sin duda las grandes civilizaciones han alcanzado su desarrollo gracias a que se han encontrado cercanas a fuentes de agua.

4 CAPITULO IV: CARACTERIZACIÓN DE SECTORES DE LA ZONA 1 EN BASE A LAS PRECIPITACIONES

4.1 Revisión de datos meteorológicos

El INAMHI es el responsable en el Ecuador de la generación y difusión de la información hidrometeorológica que sirva de sustento para la formulación y evaluación de los planes y proyectos de desarrollo, como es el diseño de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias. Para este análisis se consideran las 35 estaciones meteorológicas a nivel nacional, de las cuales solo 8 estaciones son pertenecientes a las provincias de Carchi, Esmeraldas, Imbabura y Sucumbíos que corresponden a la Zona 1.

Este procedimiento permitirá utilizar las curvas de Intensidad Duración Frecuencia (IDF), que representan la intensidad (I) o magnitud de una lluvia fuerte expresada en milímetros por hora, para una duración (D) determinada que va desde los 5, 10, 15, 30, 60, 90, 120 o 360 minutos y que se estima tiene una probabilidad de ocurrencia, o frecuencia (F) expresada en años, lo que también se conoce como periodo de retorno. A continuación se muestra una tabla y una ilustración en la que se presentan las 8 estaciones meteorológicas de la Zona 1:

Tabla 30. - Estaciones meteorológicas de la Zona 1

Provincia de Imbabura		Provincia de Carchi	
Estación	Cantón	Estación	Cantón
M0110	SAN PABLO DEL LAGO	M0059	TULCAN AEROPUERTO
M0107	CAHUASQUI-FAO		
M0105	OTAVALO		
M0053	IBARRA AEROPUERTO		
Provincia de Esmeraldas		Provincia de Sucumbíos	
Estación	Cantón	Estación	Cantón
M0224	SAN LORENZO	M0203	EL REVENTADOR
M0058	ESMERALDAS		

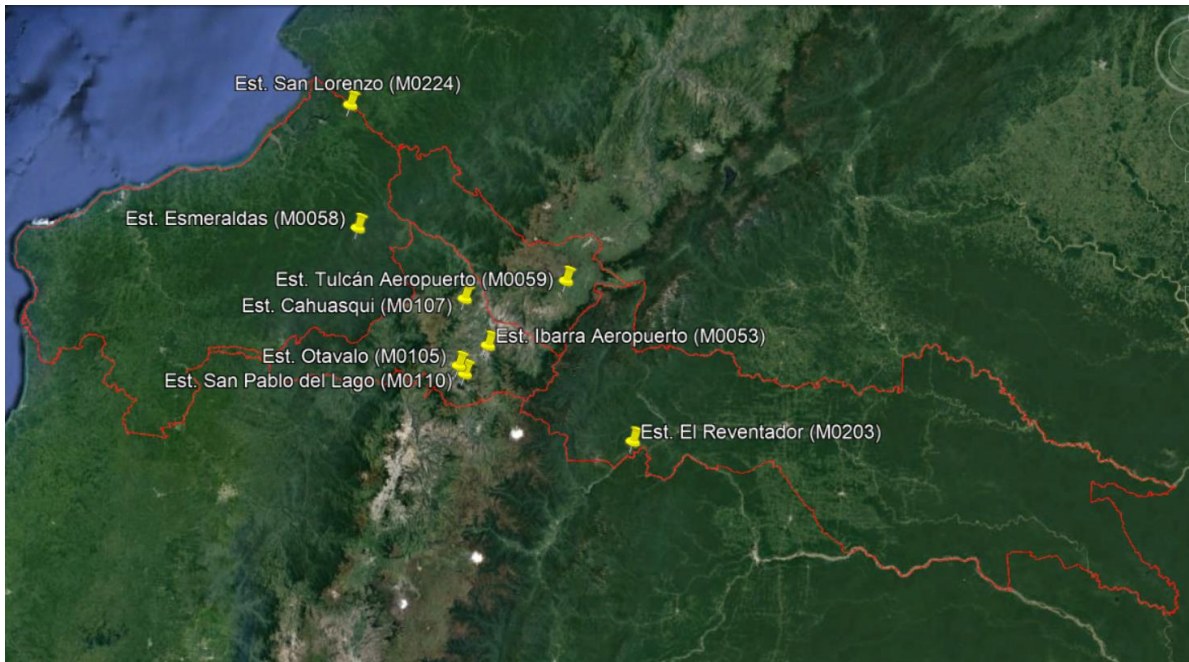


Ilustración 42. - Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas de la Zona 1

El objetivo del estudio es determinar los modelos de ecuaciones que se utilizarán para calcular la intensidad máxima, mediante el registro de las estaciones correspondientes a la Zona 1. La utilización de estos modelos, permiten establecer criterios de diseño de obras hidráulicas como sistemas de canalización urbano y rural, obras de drenaje, sistemas de alcantarillado o, en el presente caso, un sistema de aprovechamiento de agua lluvias.

A continuación, se presentan las ecuaciones de las curvas IDF para las estaciones pluviométricas más relevantes estimadas por correlación (Guachamín, 2015) :

- San Pablo del Lago:

Tabla 31. - Intensidad duración frecuente estación M0110

ESTACIÓN		INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R ²
CÓDIGO	NOMBRE				
M0110	SAN PABLO DEL LAGO	5<10	$i = 206.2983 * T^{0.1441} * t^{-0.5790}$	0.9947	0.9894
		10<60	$i = 207.7358 * T^{0.1380} * t^{-0.5650}$	0.9927	0.9855
		60<1440	$i = 879.4912 * T^{0.1390} * t^{-0.9095}$	0.9984	0.9968



Ilustración 43. - Ubicación geográfica Estación: San Pablo del Lago

- Cahuasqui:

Tabla 32. - Intensidad duración frecuencia estación M0107

ESTACIÓN		INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R ²
CÓDIGO	NOMBRE				
M0107	CAHUASQUÍ	5<30	$i = 84.6353 * T^{0.2018} * t^{-0.3884}$	0.9866	0.9735
		30<120	$i = 210.8527 * T^{0.1751} * t^{-0.6278}$	0.9910	0.9822
		120<1440	$i = 589.9373 * T^{0.1663} * t^{-0.8331}$	0.9961	0.9922



Ilustración 44. - Ubicación geográfica Estación: Cahuasqui

- Otavalo:

Tabla 33. – Intensidad duración frecuente estación M0105

ESTACIÓN		INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R ²
CÓDIGO	NOMBRE				
M0105	OTAVALO	5<30	$i = 139.3508 * T^{0.1925} * t^{-0.4694}$	0.9818	0.9640
		30<120	$i = 386.3558 * T^{0.1757} * t^{-0.7396}$	0.9948	0.9897
		120<1440	$i = 860.1085 * T^{0.1672} * t^{-0.9004}$	0.9987	0.9975

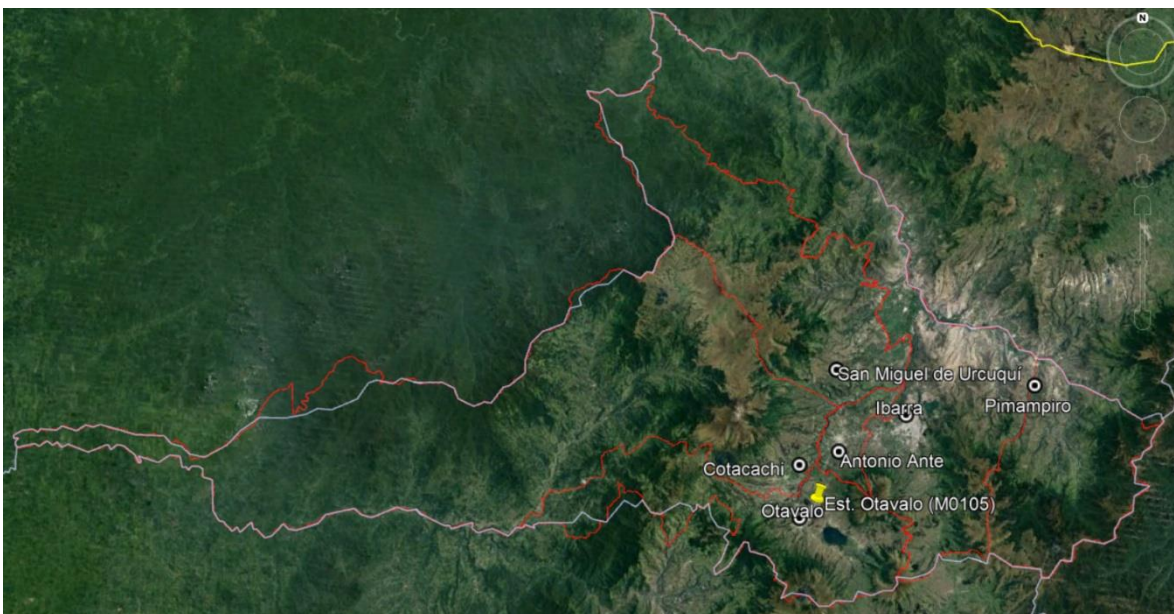


Ilustración 45. - Ubicación geográfica Estación: Otavalo

- Ibarra Aeropuerto:

Tabla 34. – Intensidad duración frecuente estación M0053

ESTACIÓN		INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R ²
CÓDIGO	NOMBRE				
M0053	IBARRA AEROPUERTO	5 < 30	$i = 163.981 * T^{0.1746} * t^{-0.5490}$	0.9945	0.9891
		30 < 120	$i = 235.822 * T^{0.1642} * t^{-0.6361}$	0.9956	0.9913
		120 < 1440	$i = 629.210 * T^{0.2196} * t^{-0.8701}$	0.9967	0.9935

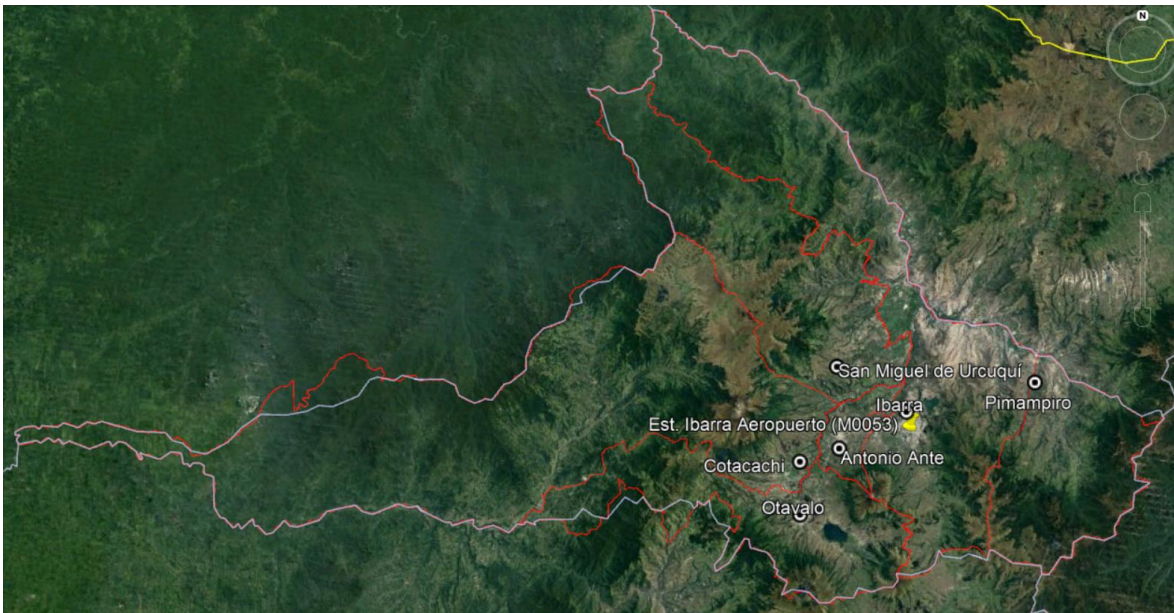


Ilustración 46. - Ubicación geográfica Estación: Ibarra Aeropuerto

- Tulcán Aeropuerto:

Tabla 35. - Intensidad duración frecuencia estación M005

ESTACIÓN		INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R ²
CÓDIGO	NOMBRE				
M0059	TULCÁN AEROPUERTO	5 <30	$i = 118.7560 * T^{0.1833} * t^{-0.3182}$	0.9752	0.9511
		30 <120	$i = 547.6669 * T^{0.2127} * t^{-0.7926}$	0.9908	0.9816
		120 <1440	$i = 877.002 * T^{0.1746} * t^{-0.8742}$	0.9986	0.9973



Ilustración 47. - Ubicación geográfica Estación: Tulcán Aeropuerto

- San Lorenzo:

Tabla 36. – Intensidad duración frecuente estación M0224

ESTACIÓN		INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R ²
CÓDIGO	NOMBRE				
M0224	SAN LORENZO	5<30	$i = 215.3547 * T^{0.1742} * t^{-0.3946}$	0.9877	0.9756
		30<120	$i = 172.1788 * T^{0.1984} * t^{-0.3504}$	0.9793	0.9591
		120<1440	$i = 2720.2307 * T^{0.1953} * t^{-0.9164}$	0.9962	0.9925



Ilustración 48. - Ubicación geográfica Estación: San Lorenzo

- Esmeraldas:

Tabla 37. - Intensidad duración frecuente estación M0058

ESTACIÓN		INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R ²
CÓDIGO	NOMBRE				
M0058	ESMERALDAS TACHINA	5 < 60	$i = 111.410 * T^{0.2340} * t^{-0.2870}$	0.9822	0.9648
		60 < 1440	$i = 847.8802 * T^{0.2334} * t^{-0.7776}$	0.9943	0.9886



Ilustración 49. - Ubicación geográfica Estación: Esmeraldas

- El Reventador:

Tabla 38. - Intensidad duración frecuente estación M0203

ESTACIÓN		INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R ²
CÓDIGO	NOMBRE				
M0203	REVENTADOR	5 <20	$i = 168.4256 * T^{0.1628} * t^{-0.3049}$	0.9903	0.9807
		20 <30	$i = 247.0811 * T^{0.1469} * t^{-0.4215}$	0.9928	0.9856
		30 <120	$i = 336.0179 * T^{0.1483} * t^{-0.5082}$	0.9951	0.9902
		120 <1440	$i = 981.0310 * T^{0.1745} * t^{-0.7403}$	0.9958	0.9916

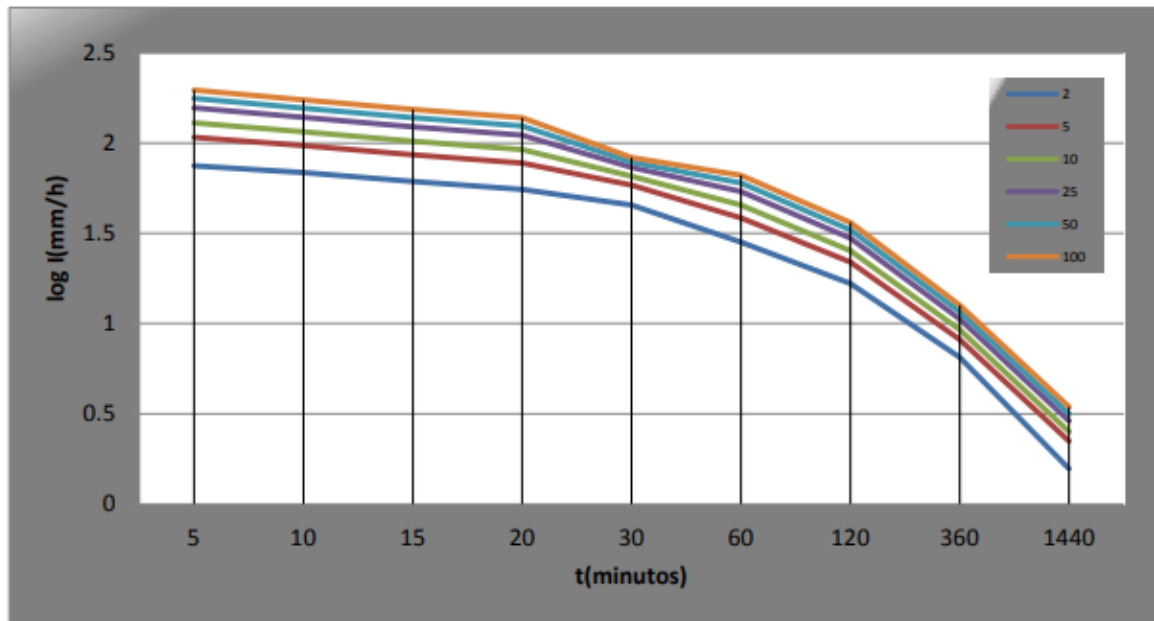


Ilustración 50. - Ubicación geográfica Estación: El Reventador

4.2 Curvas IDF

Provincia: Imbabura

Aquí encontramos las curvas IDF para la estación San Pablo del Lago con su respectiva tabla para seleccionar el periodo de retorno (Guachamín, 2015):

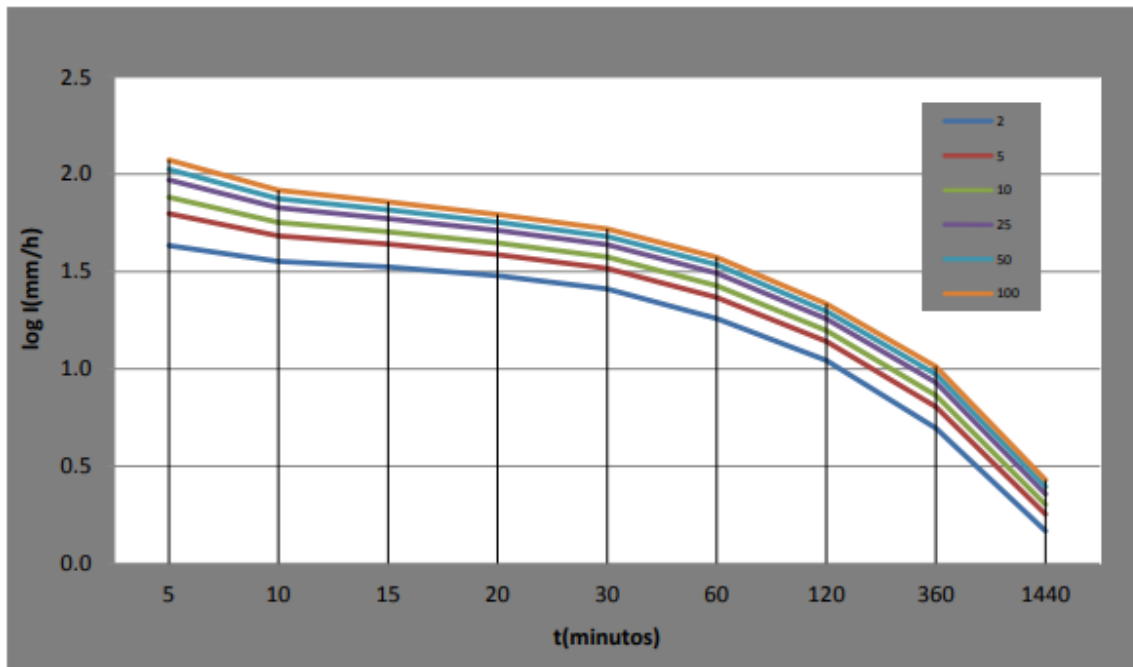


t (min)	Período de Retorno T (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	85.2	105.2	123.5	152.6	179.1	210.2
10	72.2	89.2	104.7	129.4	151.8	178.2
15	65.5	81.0	95.0	117.4	137.8	161.8
20	62.7	75.0	85.9	102.7	117.6	134.7
30	47.4	56.7	64.9	77.6	88.9	101.8
60	29.3	35.1	40.2	48.1	55.1	63.0
120	18.2	21.6	24.5	29.0	32.9	37.3
360	6.5	7.7	8.7	10.3	11.7	13.3
1440	1.8	2.1	2.4	2.8	3.2	3.6

INTENSIDAD MAXIMA (mm/h)

Ilustración 51. – Curva IDF San Pablo del Lago

Curvas IDF para la estación Cahuasqui con su respectiva tabla para seleccionar el periodo de retorno (Guachamín, 2015):

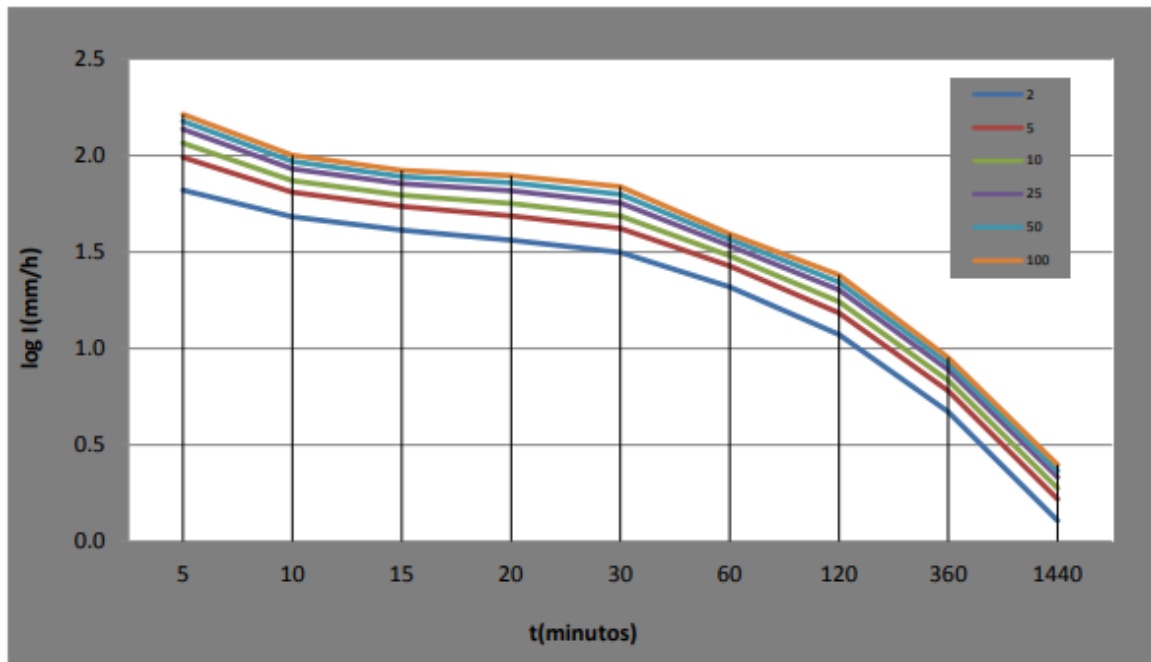


T (min)	Periodo de Retorno T (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	52.1	62.7	72.1	86.7	99.8	114.7
10	39.8	47.9	55.1	66.3	76.2	87.6
15	34.0	40.9	47.0	56.6	65.1	74.9
20	30.4	36.6	42.1	50.6	58.2	67.0
30	28.1	33.0	37.3	43.8	49.4	55.8
60	18.2	21.4	24.1	28.3	32.0	36.1
120	12.3	14.3	16.0	18.7	20.9	23.5
360	4.9	5.7	6.4	7.5	8.4	9.4
1440	1.5	1.8	2.0	2.4	2.6	3.0

INTENSIDAD MAXIMA (mm/h)

Ilustración 52. – Curva IDF Cahuasqui

Curvas IDF para la estación Otavalo con su respectiva tabla para seleccionar el periodo de retorno (Guachamín, 2015):

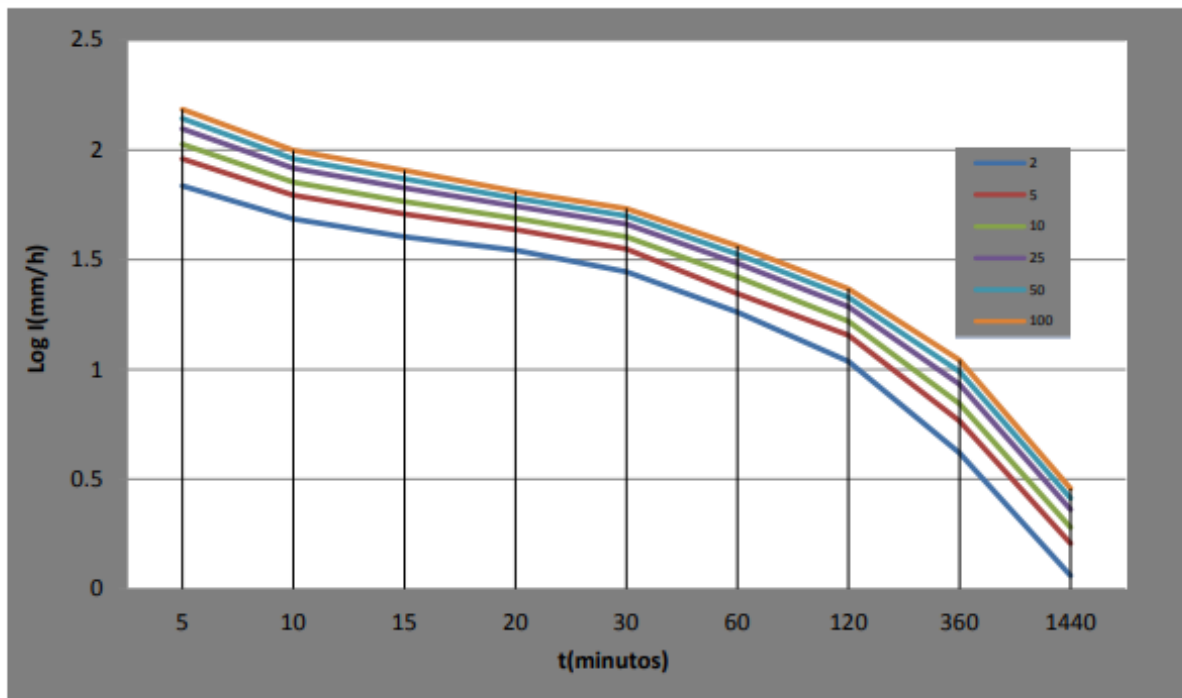


T (min)	Periodo de Retorno T (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	74.8	89.2	102.0	121.7	139.0	158.9
10	54.0	64.5	73.7	87.9	100.4	114.7
15	44.7	53.3	60.9	72.6	83.0	94.9
20	39.0	46.6	53.2	63.5	72.5	82.9
30	35.3	41.4	46.8	55.0	62.1	70.1
60	21.1	24.8	28.0	32.9	37.2	42.0
120	13.0	15.1	17.0	19.8	22.2	24.9
360	4.8	5.6	6.3	7.4	8.3	9.3
1440	1.4	1.6	1.8	2.1	2.4	2.7

INTENSIDAD MAXIMA (mm/h)

Ilustración 53. – Curva IDF Otavalo

Curvas IDF para la estación Ibarra Aeropuerto con su respectiva tabla para seleccionar el periodo de retorno (Guachamín, 2015):



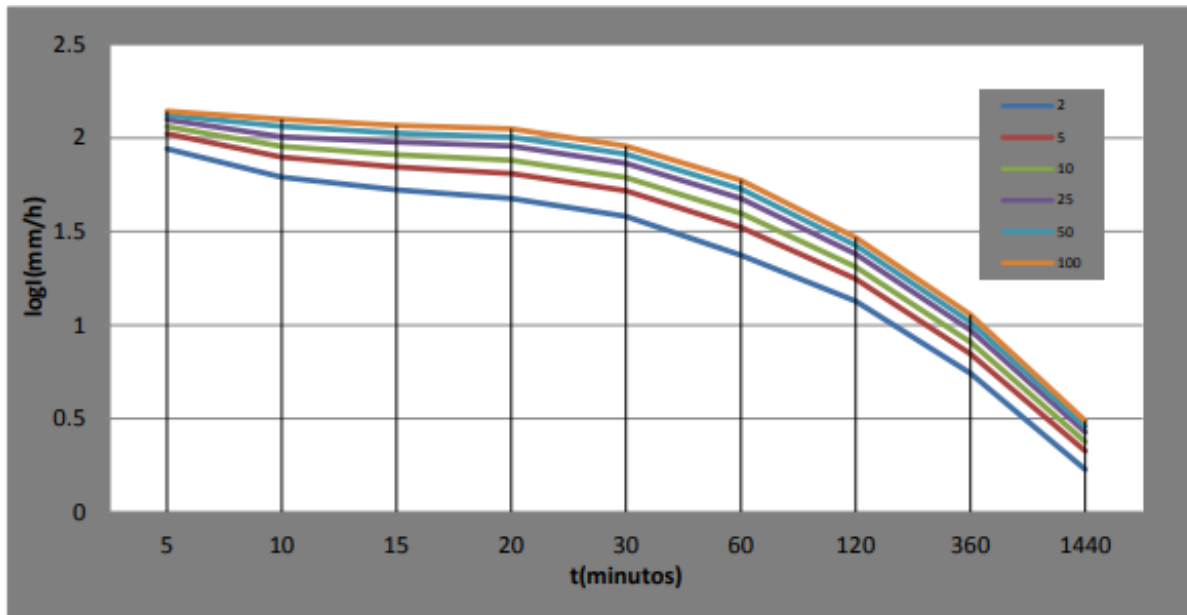
t (min)	Periodo de Retorno T (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	76.5	89.8	101.3	118.9	134.2	151.4
10	52.3	61.4	69.2	81.3	91.7	103.5
15	41.8	49.1	55.4	65.0	73.4	82.9
20	35.7	41.9	47.3	55.5	62.7	70.8
30	30.4	35.3	39.6	46.0	51.5	57.7
60	19.5	22.7	25.5	29.6	33.1	37.1
120	11.4	13.9	16.2	19.8	23.1	26.8
360	4.4	5.3	6.2	7.6	8.9	10.3
1440	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	3.1

INTENSIDAD MAXIMA (mm/h)

Ilustración 54. – Curva IDF Ibarra Aeropuerto

Provincia: Carchi

Curvas IDF para la estación Tulcán Aeropuerto con su respectiva tabla para seleccionar el periodo de retorno (Guachamín, 2015):



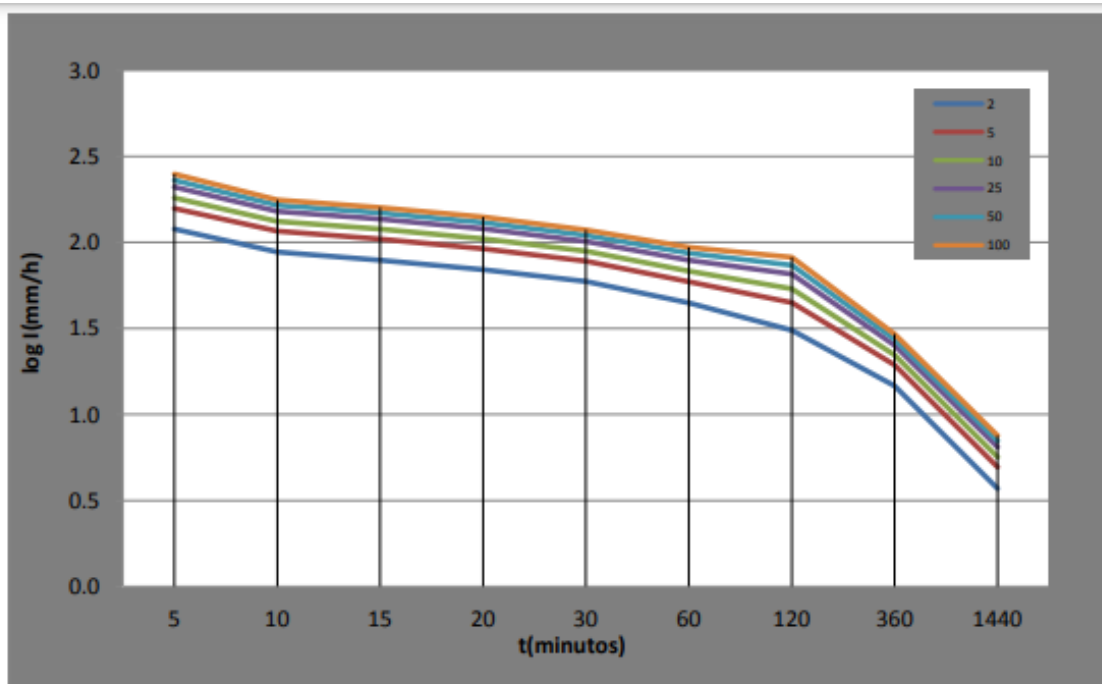
T (min)	Periodo de Retorno T (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	80.8	95.6	108.5	128.4	145.8	165.5
10	64.8	76.7	87.0	103.0	116.9	132.8
15	57.0	67.4	76.5	90.5	102.8	116.7
20	52.0	61.5	69.8	82.6	93.8	106.5
30	42.8	52.1	60.3	73.3	84.9	98.4
60	24.7	30.0	34.8	42.3	49.0	56.8
120	15.1	17.7	19.9	23.4	26.4	29.8
360	5.8	6.8	7.6	9.0	10.1	11.4
1440	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.4

INTENSIDAD MAXIMA (mm/h)

Ilustración 55. – Curva IDF Tulcán Aeropuerto

Provincia - Esmeraldas

Curvas IDF para la estación San Lorenzo con su respectiva tabla para seleccionar el periodo de retorno (Guachamín, 2015):

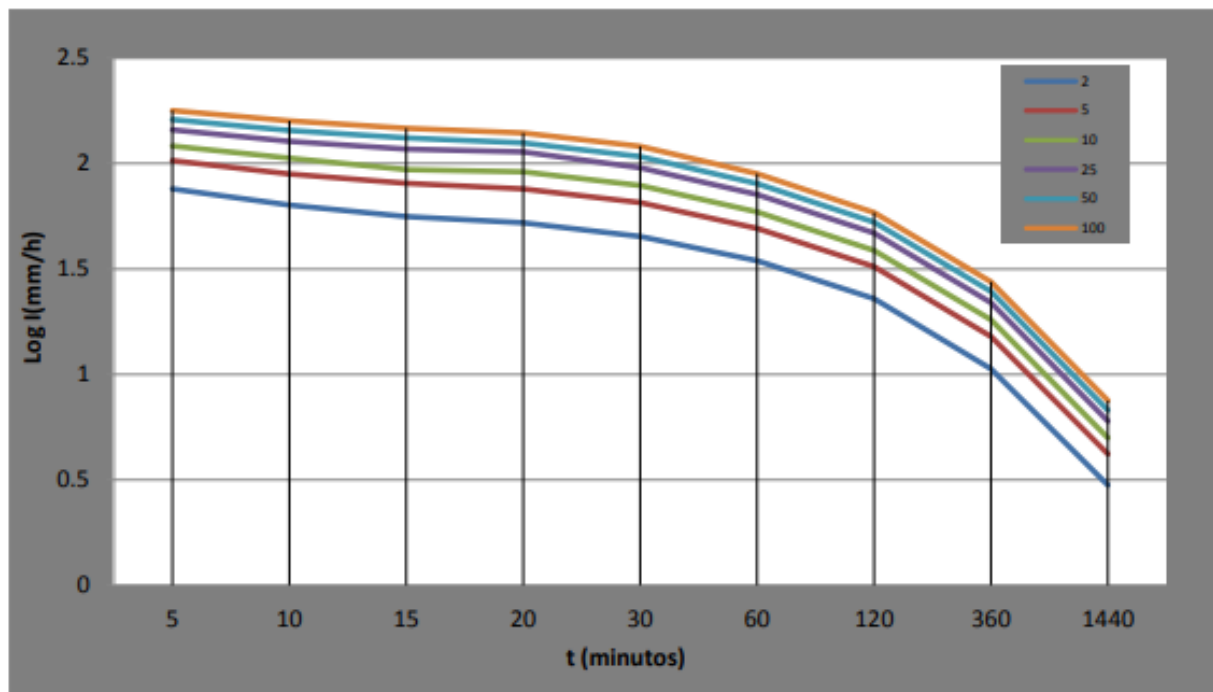


T (min)	Periodo de Retorno T (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	128.8	151.0	170.4	199.9	225.6	254.5
10	97.9	114.9	129.6	152.1	171.6	193.6
15	83.5	97.9	110.5	129.6	146.2	165.0
20	74.5	87.4	98.6	115.7	130.5	147.3
30	60.0	72.0	82.6	99.0	113.6	130.4
60	47.1	56.4	64.8	77.7	89.1	102.3
120	38.7	46.3	53.0	63.4	72.6	83.1
360	14.2	16.9	19.4	23.2	26.5	30.4
1440	4.0	4.8	5.4	6.5	7.4	8.5

INTENSIDAD MAXIMA (mm/h)

Ilustración 56. – Curva IDF San Lorenzo

Curvas IDF para la estación Esmeraldas con su respectiva tabla para seleccionar el periodo de retorno (Guachamín, 2015):

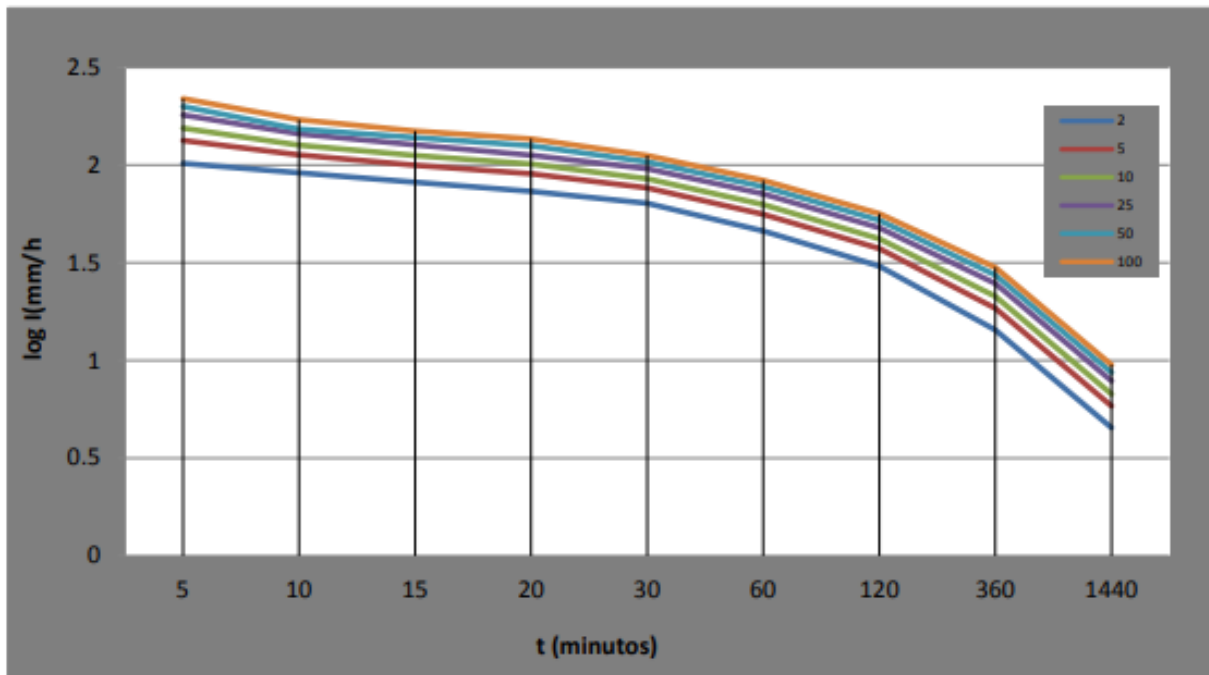


T (min)	Periodo de Retorno T (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	82.6	102.3	120.3	149.1	175.3	206.2
10	67.7	83.8	98.6	122.2	143.7	169.0
15	60.2	74.6	87.8	108.8	127.9	150.4
20	55.5	68.7	80.8	100.1	117.8	138.5
30	49.4	61.2	71.9	89.1	104.8	123.3
60	41.5	51.4	60.4	74.8	87.9	103.3
120	24.2	30.0	35.2	43.6	51.3	60.3
360	10.3	12.8	15.0	18.6	21.9	25.7
1440	3.5	4.4	5.1	6.3	7.4	8.8

INTENSIDAD MAXIMA (mm/h)

Ilustración 57. – Curva IDF Estación Esmeraldas

Curvas IDF para la estación El Reventador con su respectiva tabla para seleccionar el periodo de retorno (Guachamín, 2015):



T (min)	Periodo de Retorno T (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	115.4	134.0	150.0	174.1	194.9	218.2
10	93.4	108.5	121.4	141.0	157.8	176.6
15	82.6	95.9	107.3	124.6	139.4	156.1
20	77.4	88.5	98.0	112.2	124.2	137.5
30	66.1	75.7	83.9	96.2	106.6	118.1
60	46.5	53.3	59.0	67.6	74.9	83.0
120	32.0	37.5	42.4	49.7	56.1	63.3
360	14.2	16.6	18.8	22.0	24.9	28.1
1440	5.1	6.0	6.7	7.9	8.9	10.1

INTENSIDAD MAXIMA (mm/h)

Ilustración 58. – Curva IDF El Reventador

4.3 Caracterización de zonas según pluviometría

A continuación se presenta un resumen de los cantones y su estación meteorológica en forma referencial de acuerdo con los datos de Guachamín (2015) para la ubicación de las estaciones, junto con el número de escuelas fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador obtenido de los datos del MINEDUC (2022) de acuerdo al cantón y su provincia para determinar en forma referencial la estación más cercana a los cantones, pero en la práctica, las estaciones de alguna otra provincia o cantón pueden encontrarse más cercanas a cierta escuela, por ejemplo, los cantones de Mira, Espejo y Bolívar de la provincia del Carchi se encuentran más cercanos a la estación de Cahuasqui (M0107), la cual pertenece a Imbabura, por lo que esto deberá de comprobarse de acuerdo con la ubicación de la institución.

Tabla 39. – Estaciones Meteorológicas y escuelas de la Zona 1 del Ecuador.

Provincia	Cantón	Número de escuelas	Estación
Carchi	Bolívar	17	M0059 M0107
	Espejo	6	M0059 M0107
	Mira	23	M0059 M0107
	Montúfar	16	M0059
Total Escuelas: 105	Huaca	1	M0059
	Tulcán	42	M0059
Esmeraldas	Atacames	35	M0058
	Eloy Alfaro	100	M0224
	Esmeraldas	60	M0058
	Muisne	55	M0058
	Quinindé	162	M0058
Total Escuelas: 539	Río Verde	75	M0058
	San Lorenzo	52	M0224

Imbabura	Antonio Ante	8	M0105
	Cotacachi	62	M0110
			M0107
	Ibarra	29	M0053
	Otavalo	34	M0105
Total Escuelas: 147	Pimampiro	5	M0053
	San Miguel de Urcuquí	9	M0107
Sucumbíos	Cascales	9	M0203
	Cuyabeno	6	M0203
	Gonzalo Pizarro	16	M0203
	Lago Agrio	134	M0203
	Putumayo	34	M0203
Total Escuelas: 253	Shushufindi	43	M0203
	Sucumbíos	11	M0203
Total Escuelas Zona 1 (2021-2022)		1044	

Se puede observar que las provincias de Esmeraldas y Sucumbíos cuentan con el mayor número de escuelas fiscales rurales en la Zona 1 del Ecuador, por lo tanto, resulta ideal colocar un SCALL en alguna de las instituciones de estas provincias, debido a que si se observan los datos de las curvas IDF para la provincia de Esmeraldas en su estación meteorológica de San Lorenzo (M0224), la provincia cuenta con un alto índice de precipitaciones con intensidad de 128.8 mm/h para un tiempo de duración de tan solo 5 minutos con un periodo de retorno de dos años. Esta provincia también cuenta con otra estación, la de Esmeraldas (M0058) que registró precipitaciones con intensidad de 82.6 mm/h para un tiempo de duración de tan solo 5 minutos con un periodo de retorno de dos años, las cuales son menores, pero para una duración de 15 minutos cuenta con precipitaciones con intensidad de 60.2 mm/h para el mismo periodo de retorno, instintivamente parece mucho menor pero como se verá posteriormente en el análisis, debido al tiempo se logra acumular una mayor cantidad de agua.

Mientras que en Sucumbíos para la estación El Reventador (M0203) se tienen precipitaciones con intensidad de 115.4 mm/h para un tiempo de duración de tan solo 5 minutos con un periodo de retorno de dos años. Por lo tanto, tentativamente la mayoría de los cantones en Esmeraldas, y la mayoría de los cantones en la provincia de Sucumbíos son lugares potencialmente ideales para implementar un SCALL. Tomando en cuenta el número de escuelas de estas provincias se tiene un total de 792 instituciones que representan el 75.9% de instituciones fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador. Seguida de estas provincias Imbabura y Carchi cuentan con 147 y 105 instituciones fiscales rurales, respectivamente. Pero Imbabura y Carchi, en sus cantones de Cotacachi, Urcuquí e Ibarra; & Mira, Espejo y Bolívar, respectivamente, se encuentran cercanos a la estación de Cahuasqui (M0107), la cual registra precipitaciones bajas, dándonos una idea de que en unas 146 escuelas (presentes en los cantones mencionados) y que representan el 14% de las instituciones fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador, el sistema no podría ser viable.

4.4 Mapa de Isoyetas

Las isoyetas se usan en el ámbito de la meteorología para nombrar a la curva que permite representar a nivel cartográfico los puntos terrestres que comparten el mismo indicador de pluviosidad media anual. Se trata de una isolínea que vincula, en un plano cartográfico, todos los puntos donde se registra la misma precipitación en un año o incluso en otro periodo temporal (Pérez, 2021).

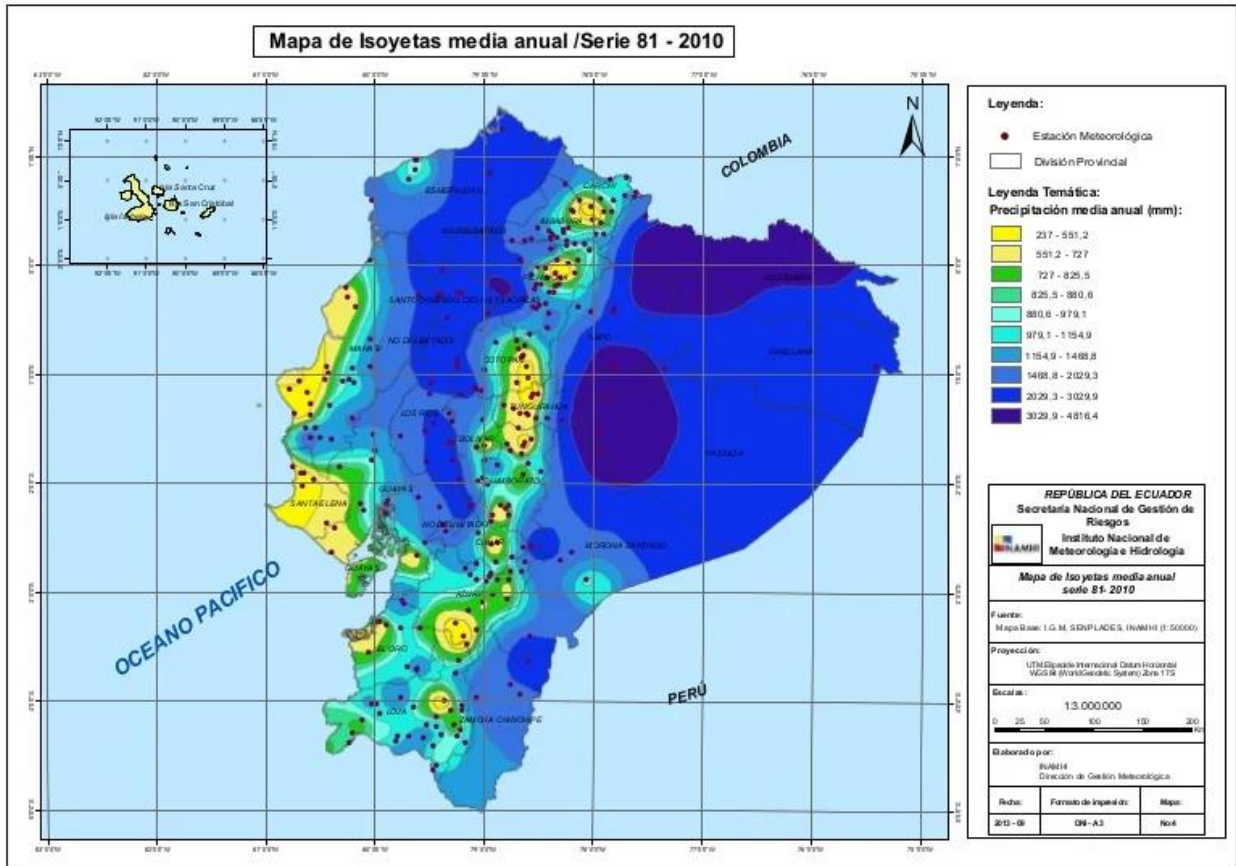


Ilustración 59. - Mapa de Isoyetas de Ecuador

En esta ilustración podemos observar claramente que en las provincias de la Zona 1 se presentan altas precipitaciones medias anuales, sobre todo provincias de Sucumbíos y Esmeraldas, en cantones como San Lorenzo, Eloy Alfaro o Río verde.

Es importante destacar que según la encuesta WASH del MINEDUC (2020), en estas provincias unas 227 escuelas no poseen un servicio de agua regular, además se pudo observar que en estas provincias también se encuentran instituciones que cuentan con una dependencia notable de agua lluvia. Este punto es clave para nuestro estudio ya que el sistema SCALL sería un aliado estratégico que pondría solución a gran parte de estas escuelas con lluvias constantes, pero desaprovechadas.

5 CAPITULO V: DISEÑO DE LA UNIDAD DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS

5.1 Diseño del sistema de captación de aguas lluvias

Una vez determinada la oferta (precipitaciones) y la demanda (usuarios) se debe encontrar un balance entre ambas, por lo que en definitiva se tiene que abastecer a 60 personas para abastecer al 65%, y hasta unas 80 personas para satisfacer a un 73% de las escuelas fiscales rurales de la Zona 1, según datos obtenidos hasta el año 2021. Es importante destacar que el *diseño pretende abastecer de agua por lo menos a unas 60 personas como mínimo.*

El siguiente punto para considerar son las precipitaciones, las cuales son bastante variables dependiendo de la provincia y aún más del sector de donde se encuentren las escuelas. Además, hay que considerar la frecuencia con la que se producen. Para esto se emplearán los datos del INAMHI presentados anteriormente para un periodo de retorno de 2 años debido a que, si se considera una probabilidad anual, se tiene un 50% de certeza de que estas precipitaciones se generarán, al menos en los meses con la mayor cantidad de lluvia. Cabe recalcar que los meses de estiaje o con menor precipitación, se requerirá de un abastecimiento por tanqueros o mediante algún otro medio debido a las limitaciones climatológicas, por lo que el sistema deberá emplearse en zonas con precipitaciones constantes durante todo el año mientras que en zonas secas el sistema resultará inviable. Esto porque el número de usuarios es muy grande y el tener una confiabilidad del 100% es irreal debido a los grandes volúmenes de almacenamiento como a las grandes superficies de captación que se requerirían para el sistema.

Finalmente, hay que recalcar que se debe fijar una duración para el diseño, la cual es el tiempo adecuado en el que permanecen las precipitaciones de la zona para captar el agua con este sistema, lo cual puede obtenerse con la intensidad promedio de las curvas IDF presentadas anteriormente, que se emplearán para determinar las superficies de captación requeridas.

5.2 Captación

Para la captación deberá de emplearse el techo de las instalaciones de la escuela idealmente, para aprovechar su superficie y no incurrir en gastos mayores a los disponibles, pero de manera anexa a las construcciones existentes se podrá construir una estructura sencilla con pingos y un techo resistente para garantizar una mayor superficie para abastecer al sistema en caso de que el techo presente en las escuelas no satisfaga a la demanda. Consideraciones importantes para tener en cuenta son el evitar materiales tóxicos o peligrosos mencionados anteriormente como el plomo o el asbesto debido al alto riesgo de ocurrencia de cáncer u otras enfermedades asociadas a su ingesta. Además de preferencia el material debe ser impermeable, liso y uniforme por lo que materiales como el acero galvanizado, zinc, fibrocemento, tejas de arcilla, el hormigón o materiales plásticos como el policarbonato resultan ideales. Finalmente, para la cubierta cabe recalcar que esta deberá de limpiarse con periodicidad para mejorar la calidad del agua.

Para calcular la capacidad de recolección de agua del techo de las instituciones se puede emplear el método racional en el que según Rodríguez Díaz (2005) el caudal producido por una precipitación es directamente proporcional al producto del coeficiente de escorrentía (valor adimensional) multiplicado por la intensidad de lluvia y el área de drenaje, similar al concepto visto anteriormente de la eficiencia, multiplicada por la lluvia producida y el área disponible. La ecuación correspondiente se presenta a continuación:

$$Q = C * I * A$$

Donde:

Q : Es el caudal superficial producido por la lluvia [L^3/T]

C : Es el Coeficiente de escorrentía adimensional [-]

I : Es la intensidad promedio de lluvia [L]

A : Es el área de drenaje, en este caso la de captación [L^2]

A continuación, se presenta algunos valores del coeficiente de escorrentía “C” en la siguiente tabla dados por Aparicio Mijares (2001, p. 210):

Tabla 40. - Coeficientes de escorrentía de acuerdo con el tipo de superficie

Tipo de Superficie	Coeficiente de escorrentía
Techados	0.75 – 0.95
Calles adoquinadas	0.70 – 0.85
Concreto hidráulico	0.70 – 0.95
Asfalto	0.70 – 0.95
Suelos arenosos planos (menor o igual 2% de pendiente)	0.05 – 0.10
Suelos arenosos (2% - 7% de pendiente)	0.10 – 0.15
Suelos arenosos escarpados (mayor a 7% de pendiente)	0.15 – 0.20
Suelos arcillosos planos (menor o igual 2% de pendiente)	0.13 – 0.17
Suelos arcillosos (2% - 7% de pendiente)	0.18 – 0.22
Suelos arcillosos escarpados (mayor a 7% de pendiente)	0.25 – 0.35
Parques	0.10 – 0.25
Campos de juego	0.20 – 0.35

Para determinar una superficie adecuada de captación se tomaron en cuenta a los tiempos más comunes que se tiene de lluvia, los cuales son lluvias intensas de 5 minutos de duración, lluvias moderadas de 15 minutos de duración, y lluvias un poco más prolongadas de 30 minutos de duración. De acuerdo con los datos obtenidos se establecieron parámetros importantes para la aplicación del sistema correlacionándolos con la duración de las precipitaciones y la cercanía de la escuela a la estación meteorológica. Más adelante en la sección de almacenamiento se logró determinar que para una población de 60 personas se requiere de un volumen de 1200 litros, y que se emplearán dos tanques que brinden un volumen total de 2400 litros en conjunto para abastecer a las escuelas, dato con el cual se determinará a continuación la superficie de captación requerida.

Para determinar la superficie de captación se empleó el método racional mencionado anteriormente, tomando en consideración un coeficiente $C=0.80$. Concordando con los criterios de la parte de diseño de los SCALL vista anteriormente, este valor es adecuado para considerar las demás pérdidas que se presentan en el sistema, ya sea por acción del viento,

salpicaduras o evaporación. De esta manera primero se calcula la cantidad total de lluvia precipitada (Pm), multiplicando la intensidad promedio por la duración de la lluvia:

$$Pm = i * t = intensidad \left(\frac{mm}{h} \right) * duración \left(min * \frac{1 h}{60 min} \right)$$

Modificando la ecuación del método racional, donde “t” es la duración de la precipitación para obtener el volumen, se tiene que:

$$Q = C * I * A ; \quad Q = \frac{V}{t} \rightarrow \frac{V}{t} = C * I * A \rightarrow V = C * I * t * A \quad (\text{Vol. en } m^3)$$

Quedaría como resultado, que el volumen (V) sería:

$$V(lts) = C * Pm \left(mm * \frac{1m}{1000mm} \right) * A(m^2) \left(\frac{1000lts}{1m^3} \right)$$

Así:

$$Pm(mm) = i * \frac{t}{60}$$

Ecuación 12. - Precipitación acumulada de la intensidad

Y despejando el área (A) de la ecuación del volumen se tendría que:

$$A(m^2) = \frac{V}{C * Pm}$$

Ecuación 13.- Área requerida para la captación en base al volumen

Tabla 41. - Superficie de captación requerida, para una duración de 5 minutos

Tiempo de concentración (tc, min):			5	Vol. requerido (lts):	2400
Provincia	Estación	i (mm/h)	Milímetros de lluvia (mm)	Superficie de captación requerida (m ²)	
Imbabura	San Pablo del Lago	85,2	7,1	422,54	
	Cahuasqui	52,1	4,3	690,98	
	Otavalo	74,8	6,2	481,28	
	Ibarra Aeropuerto	76,5	6,4	470,59	
Carchi	Tulcán Aeropuerto	80,8	6,7	445,54	
Esmeraldas	San Lorenzo	128,8	10,7	279,50	
	Esmeraldas	82,6	6,9	435,84	
Sucumbíos	El Reventador	115,4	9,6	311,96	

Con un tiempo de duración de unos 5 minutos se puede observar que para la captación de los 2400 litros de agua se requieren superficies extensas, por lo que podría ser un escenario crítico para el sistema, y solo resultaría viable para escuelas que cuenten con una superficie de al menos unos 485 m², lo cual no es muy común para este tipo de escuelas, por otra parte, en el caso de escuelas cercanas a la estación de Cahuasqui no sería viable debido a la exagerada superficie requerida, anteriormente en el CAPITULO IV: CARACTERIZACIÓN DE SECTORES DE LA ZONA 1 EN BASE A LAS PRECIPITACIONES, en la sección 4.3: Caracterización de zonas según pluviometría, se pudo observar que 146 escuelas (el 14% de las escuelas fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador), se encuentran cercanas a esta estación, y por lo tanto no sería viable que cuenten con un SCALL.

Mientras que en escuelas cercanas a la estación de San Lorenzo que cuenten con al menos 280 m² de superficie e incluso en las escuelas cercanas a la estación de El Reventador, el sistema podría ser viable debido a que la lluvia es más abundante y resulta en áreas de captación manejables ya que a dos aguas con techos de unos 12x12 metros se tienen superficies de captación cercanas a los 300m² que podrían ser áreas adecuadas para escuelas que cuenten con al menos 4 aulas. De la tabla también se puede determinar que en zonas con intensidades de lluvia cercanas a los $130 \frac{mm}{h}$ con una duración de 5 min se acumulan unos 10,8mm de lluvia que aproximadamente serían unos 11mm de lluvia de precipitación que serían suficientes para abastecer al sistema con una superficie de 270m².

Tabla 42. - Superficie de captación requerida, para una duración de 15 minutos

Tiempo de concentración (tc, min):			15	Vol. requerido (Its):	2400
Provincia	Estación	i (mm/h)	Milímetros de lluvia (mm)	Superficie de captación requerida (m2)	
Imbabura	San Pablo del Lago	65,5	16,4	183,21	
	Cahuasqui	34,0	8,5	352,94	
	Otavalo	44,7	11,2	268,46	
	Ibarra Aeropuerto	41,8	10,5	287,08	
Carchi	Tulcán Aeropuerto	57,0	14,3	210,53	
Esmeraldas	San Lorenzo	83,5	20,9	143,71	
	Esmeraldas	60,2	15,1	199,34	
Sucumbíos	El Reventador	82,6	20,7	145,28	

Con un tiempo de duración de unos 15 minutos se puede observar que la precipitación acumulada requiere de superficies menores a las de un tiempo de 5 minutos para captar el volumen de agua requerida, debido a que se tiene una ventana mayor de tiempo para seguir acumulando el agua, por lo que podría ser un escenario intermedio para el sistema, y resulta viable para escuelas con al menos 350 m² de superficie de techo para todas las provincias por lo que es un escenario más favorable para el sistema. En este caso, de igual manera se observa que si se tienen precipitaciones acumuladas de 1 mm se llega a una situación adecuada para el trabajo del sistema con superficies de los 270m².

Tabla 43. - Superficie de captación requerida, para una duración de 30 minutos

Tiempo de concentración (tc, min):		30	Vol. requerido (lts):	2400
Provincia	Estación	i (mm/h)	Milímetros de lluvia (mm)	Superficie de captación requerida (m2)
Imbabura	San Pablo del Lago	47,4	23,7	126,58
	Cahuasqui	28,1	14,1	213,52
	Otavalo	35,3	17,7	169,97
	Ibarra Aeropuerto	30,4	15,2	197,37
Carchi	Tulcán Aeropuerto	42,8	21,4	140,19
Esmeraldas	San Lorenzo	60,0	30,0	100,00
	Esmeraldas	49,4	24,7	121,46
Sucumbíos	El Reventador	66,1	33,1	90,77

Con lluvias de duración de unos 30 minutos se tiene una situación aún más favorable para el sistema, ya que se requiere de una superficie mucho menor para la captación de los 2400 litros de ALL, y con superficies mucho menores que requieren techos a dos aguas de 10x10 metros con los que se tienen 200m² que son suficientes para todos los casos, excepto en Cahuasqui que para todos los casos sería el sector más desfavorable para implementar el sistema, requiriendo una superficie de captación significativamente mayor.

De todas las tablas se determina que una de las condiciones fundamentales para el buen funcionamiento del sistema, además de que exista precipitaciones constantes en el sector de la escuela en donde se va a implementar, es que el tiempo de duración mínimo requerido de las precipitaciones sea de unos 15 minutos o, idealmente, de 30 minutos, con el cual el sistema funcionará adecuadamente en la mayoría de los casos.

Tabla 44. - Superficies de captación requeridas de acuerdo con la estación meteorológica y la duración de la lluvia

Volumen de 2400 lts		Tiempo de Concentración (min)			Promedio (m ²)
		5	15	30	
Provincia	Estación	Área requerida			
Imbabura	San Pablo del Lago	423	183	127	244
	Cahuasqui	691	353	214	419
	Otavalo	481	268	170	307
	Ibarra Aeropuerto	471	287	197	318
Carchi	Tulcán Aeropuerto	446	211	140	265
Esmeraldas	San Lorenzo	280	144	100	174
	Esmeraldas	436	199	121	252
Sucumbíos	El Reventador	312	145	91	183

Del análisis anterior se puede determinar los resultados de la tabla, en donde las celdas marcadas de color verde señalan los sectores que requieren de al menos unos 300 m² de superficie de captación para abastecer al sistema. Las zonas que requieren de mayor superficie son aquellas escuelas cercanas a la estación de Cahuasqui (Imbabura), mientras que la provincia de Esmeraldas es la que requiere de una superficie de captación mucho menor debido a que tiene gran intensidad de lluvia, por lo que incluso podría considerarse el uso de tanques de mayor capacidad para brindar mayor abastecimiento. Cabe recalcar que el tiempo de duración de lluvia adecuado para el buen funcionamiento del sistema es de 15 a 30 minutos. Si la duración de la precipitación es menor el sistema podría funcionar incorrectamente a menos que se obtengan intensidades mayores a los $130 \frac{mm}{h}$ que sean registradas y fundamentadas adecuadamente y que tengan una duración de al menos 5 minutos para abastecer por completo a ambos tanques en el sistema.

Finalmente, por medio de la siguiente gráfica se presentan las distintas superficies de captación requerida en función de la duración de la lluvia:

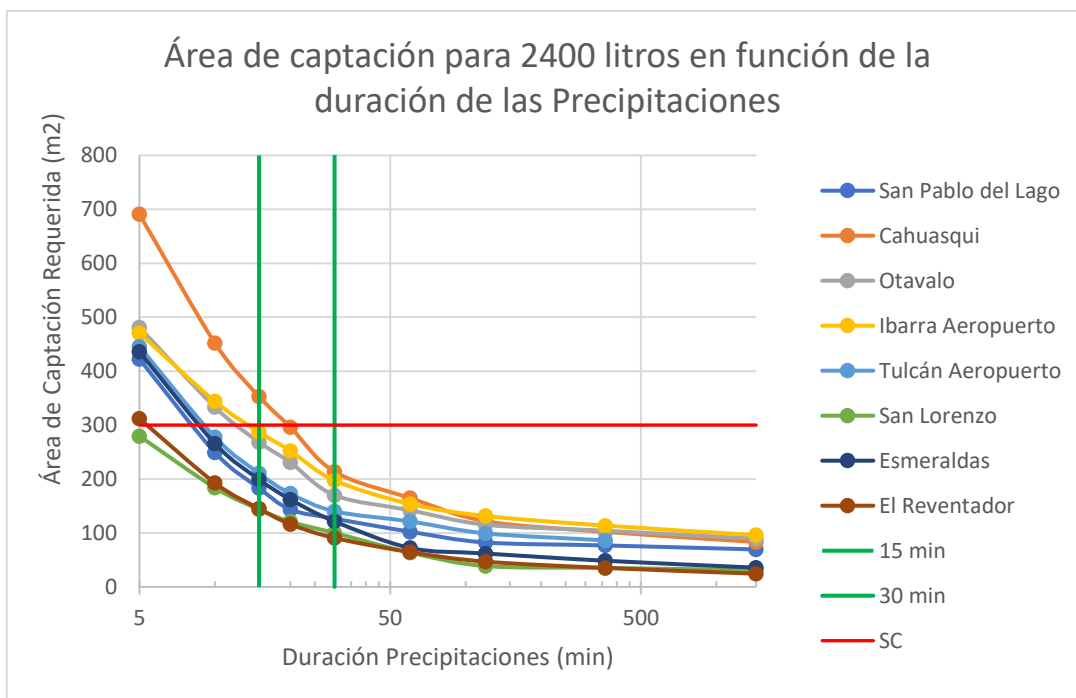


Ilustración 60. - Superficies de captación requeridas de acuerdo con las curvas IDF para un volumen de 2400 litros

La gráfica indica que para todas las duraciones de lluvia consideradas y registradas en las curvas IDF se logra lo mencionado anteriormente, que a partir de intervalos de 15 min se requieren superficies de al menos 300m², lo cual corresponde de mejor manera a la disponibilidad y necesidades del sistema. También se puede mencionar que si existen lluvias prolongadas en el sector que no son intensas pero si duraderas, se requiere de menores superficies de captación y que además en la gráfica se observa que a partir de los 60 min (una hora) el área de captación tiende a ser la misma debido a que la curva se va haciendo recta y ya no tiene variaciones de pendiente tan pronunciadas como en el caso de los periodos cortos de lluvia, por lo que con un tiempo de duración de 60 min o más el área de captación requerida es prácticamente la misma o no tiene una gran variación. Finalmente, se puede observar lo mencionado anteriormente, que con tiempos de 5 a 10 min las superficies de captación son bastante elevadas excepto para provincias que cuentan con abundantes precipitaciones como Esmeraldas (San Lorenzo) y Sucumbíos (El Reventador).

El análisis anterior se realizó principalmente para un volumen de 2400 litros, pero hay que recordar que: *el sistema está considerado principalmente para un promedio de 60 personas*, lo equivalente únicamente a 1200 litros de requerimiento. Procesando los datos en forma similar a la anterior se obtienen los siguientes resultados:

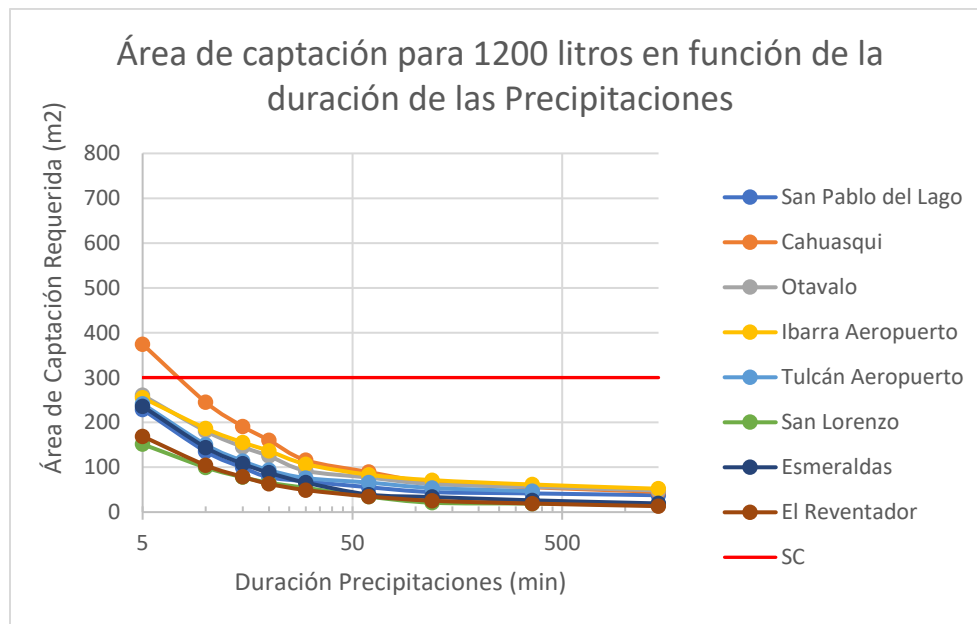


Ilustración 61. -Superficies de captación requeridas de acuerdo con las curvas IDF para un volumen de 1200 litros

La conclusión más importante al observar esta gráfica es que para recolectar el volumen de 1200 litros se requieren únicamente de 5 minutos en la mayoría de los casos y superficies menores a los 300 m², que serían suficientes para la demanda que se tiene en las escuelas. Es importante no confundir el volumen de 1300 litros el cual es el volumen de la capacidad de almacenamiento del tanque, con el volumen requerido para la población escolar el cual es de 1200 litros.

Con el primer análisis, se muestra la capacidad real del sistema y se lo realizó con el fin de brindar un mayor alcance y aprovechar ambos tanques de agua, por lo que en zonas de alta pluviosidad es ideal para poblaciones mayores. Por otro lado, si no existe una gran población y las lluvias son moderadas, el sistema de igual manera funcionaría en la mayoría de los casos ya que se parte con la premisa de que: *el sistema es para alrededor de 60 personas*. Por lo tanto, con un volumen de 2400 litros funcionará adecuadamente en la mayoría de los casos y habrá zonas donde podría aprovecharse aún más o que podría brindar una reserva adicional.

5.3 Canaletas

Las canaletas son el primer elemento de conducción del agua para el sistema, por lo que deben colocarse adecuadamente, generalmente tienen pendientes entre el 1% y 2%, pueden tener una forma semicircular, rectangular o trapezoidal, el material constituyente debe ser de acero galvanizado, plásticos (PVC) o de fibrocemento y el ancho mínimo debe ser de 10 cm y máximo de 15 cm. Como recomendación adicional, el techo deberá de prolongarse hasta un 20% del interior de la canaleta con el fin de evitar pérdidas para el sistema. Para determinar un diámetro adecuado para la canaleta de acuerdo con la pendiente deseada y el área proyectada del techo se puede emplear la siguiente tabla de Carmona (Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones, 2015), en el que determina el diámetro de la canaleta que se debe usar para una intensidad de $100 \frac{mm}{h}$ para la evacuación de ALL:

Tabla 45. - Diámetro de canaleta semicircular y su pendiente en función del área proyectada del techo

Φ – Diámetro Canaleta (pulgadas, in)	Área proyectada del techo en m ²			
	S=0.5%	S=1%	S=2%	S=4%
3	16	22	32	45
4	34	47	67	95
5	58	82	116	164
6	89	126	178	257
7	128	181	256	362
8	185	260	370	520
10	344	474	668	730

5.4 Bajantes

Los bajantes son las tuberías encargadas de desaguar el agua de los techos y para este caso constituyen los tubos que dirigen el agua hacia el depósito de almacenamiento (tanque). Deberán ser de sección rectangular o circular, y su material constituyente es de PVC o acero galvanizado por practicidad, el diámetro mínimo para los bajantes deberá ser de al menos unos 50mm. Carmona (Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones, 2015) presenta la siguiente tabla para determinar el bajante de ALL en base a la siguiente tabla:

Tabla 46. - Diámetro del bajante requerido en relación con la superficie proyectada (m²) y la intensidad de lluvia (mm/h)

Φ Diámetro Bajante	Intensidad de la Lluvia (mm/h)					
	50	75	100	125	150	200
	Superficie Proyectada m ²					
2	130	85	65	50	40	30
2.5	240	160	120	95	80	60
3	400	270	200	160	135	100
4	850	570	425	340	285	210
5	1570	1050	800	640	535	400
6	2450	1650	1200	980	835	625
8	5300	3500	2600	2120	1760	1300

Como la intensidad es mayor con menores tiempos de duración se tiene que seleccionar un tiempo de duración de 5 min para la selección del bajante, para este caso se seleccionará el valor más cercano a la intensidad y el área requerida máxima de los 300 m², pero se debe recalcar que esta superficie de captación se tiene a dos aguas del techo por lo que en forma práctica se subdividirá el área en dos de 150 m² como la máxima para el diseño en cuanto a la implementación de estos bajantes y canaletas.

A continuación, se presenta la recomendación de bajantes y canaletas (para un área máxima de 150 m²) en función de la zona a implementar el sistema como de la intensidad máxima de lluvia esperada [i máx.], (Carmona, Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones, 2015) :

Tabla 47. - Diámetros de bajante recomendados en función de la intensidad máxima de lluvia de la zona para una superficie de unos 150m²

Provincia	Estación	i máx. (mm/h)	Diámetro de la canaleta recomendado	Diámetro Bajante Recomendado
Imbabura	San Pablo del Lago	85,2	7" (178mm; S=0.5%)	3" (75mm)
	Cahuasqui	52,1		2" (50mm)
	Otavalo	74,8		3" (75mm)
	Ibarra Aeropuerto	76,5		3" (75mm)
Carchi	Tulcán Aeropuerto	80,8	6" (152mm; S=0.5%)	3" (75mm)
Esmeraldas	San Lorenzo	128,8	5" (127mm; S=2%)	3" (75mm)
	Esmeraldas	82,6		3" (75mm)
Sucumbíos	El Reventador	115,4		3" (75mm)

Puede notarse que si se quiere reducir el tamaño de la canaleta se debe aumentar el porcentaje de pendiente necesariamente, por lo que un tamaño adecuado sería el de 7" (178mm) con una pendiente del 5% para aprovechar al máximo el espacio libre que queda entre el suelo y el techo de la institución de manera que el agua ingrese sin problemas hasta el tanque de agua, ya que en la mayoría de las instituciones se tiene una altura libre 1.8m desde el suelo al nivel de las canaletas, según una entrevista a un funcionario de la Coordinación Zonal 1 del MINEDUC. Si se quiere disminuir este valor se puede hacer en los casos donde la altura libre desde el suelo a la canaleta sea mayor a los 2 metros. Para el caso de los bajantes se seleccionará en el diseño el de 3" (75mm), puede notarse que respecto a la tabla en algunos casos se debería de seleccionar el bajante de 2.5", pero los diámetros comerciales disponibles para las tuberías de desagüe en el Ecuador son de 50, 75, 110, 160 & 200 mm por lo que este valor no podría emplearse, mientras que el de 50mm en la mayoría de los casos resultaría insuficiente.

5.5 Pretratamiento

En el desagüe de la canaleta se colocará una rejilla de tipo campana para recolectar la mayor cantidad de residuos grandes como hojas o ramas que podrían entrar al sistema y causar contaminación, también puede colocarse en su interior otra rejilla sobrepuesta de las que se emplea para la protección de lavabos de cocina y que evitan el taponamiento de las tuberías. Como segundo paso se deberá colocar un desviador de las primeras aguas de la lluvia para evitar que estas aguas contaminadas o algún otro material que paso la rejilla ingresen dentro del tanque, por lo que para la limpieza del techo se utilizará el criterio mencionado anteriormente de 0.5 l/m^2 , además de que la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México [Sedema] (2022) recomiendan este volumen para zonas rurales. Los volúmenes requeridos para este recipiente se presentan en la siguiente tabla de acuerdo con la superficie de captación presente:

Tabla 48.- Volumen requerido para el desviador de primeras ALL

Vol. Limpieza:	0,5 lts/m ²
Superficie del techo (m ²)	Vol. Desviador (lts)
100	50
110	55
120	60
130	65
140	70
150	75

Como se trabajará para una superficie máxima de unos 300m² y se la dividirá en dos superficies se tendrá que considerar una superficie máxima de 150 m² para el diseño del desviador. La solución más simple que se encontró para implementar este dispositivo es el uso de tubería de 110mm a modo de tanque cilíndrico, ya que como se muestra a continuación se puede almacenar todo este volumen en una tubería con este diámetro en una longitud de 8.6m aproximadamente:

$$d := 105.6 \text{ mm} \quad (\text{Diámetro tubería})$$

$$Area_Tub := \pi \cdot \frac{d^2}{4} = 87.583 \text{ cm}^2 \quad Vol_Limp = 0.075 \text{ m}^3$$

$$Ltub := \frac{Vol_Limp}{Area_Tub} = 8.563 \text{ m} \quad \frac{Ltub}{6} = 1.427 \text{ m}$$

De esta manera para el desviador se requieren de 6 segmentos de tubería. También puede observarse que el diámetro utilizado en el cálculo es menor debido a que Plastigama (2019) en su ficha técnica fabrica las tuberías de desagüe con estos diámetros internos, y esta es una de las marcas más empleadas a nivel nacional.

De esta manera se consideró el siguiente desviador de primeras aguas:

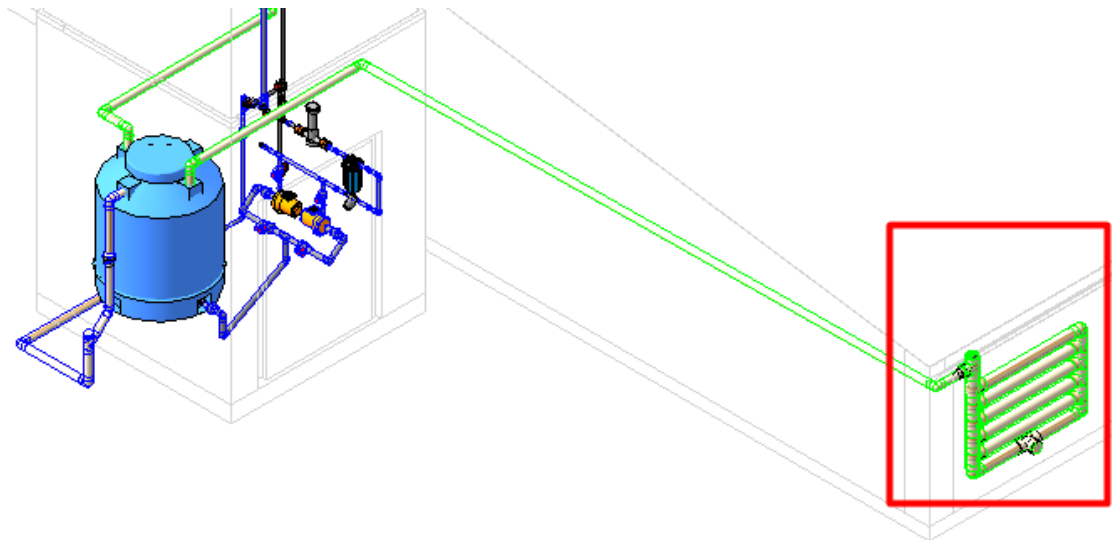


Ilustración 62. - Colocación del desviador de primeras aguas

Puede observarse que se considera que el desviador debe colocarse en forma paralela a las canaletas y perpendicularmente a la línea de conducción que se dirige hacia el tanque para que se logre adaptar la pendiente de la tubería de acuerdo a las necesidades del terreno. También se consideró otro desviador que se coloque paralelamente a la conducción que se detalla de mejor manera en los planos, pero se recomienda este diseño porque se gana altura y se puede aprovechar el agua de la primera lluvia para fines de limpieza, además de que su instalación es mucho más sencilla.

Se deberán colocar los desviadores a ambos lados de la edificación debido a que la mayoría de los techos de las escuelas fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador son a dos aguas.

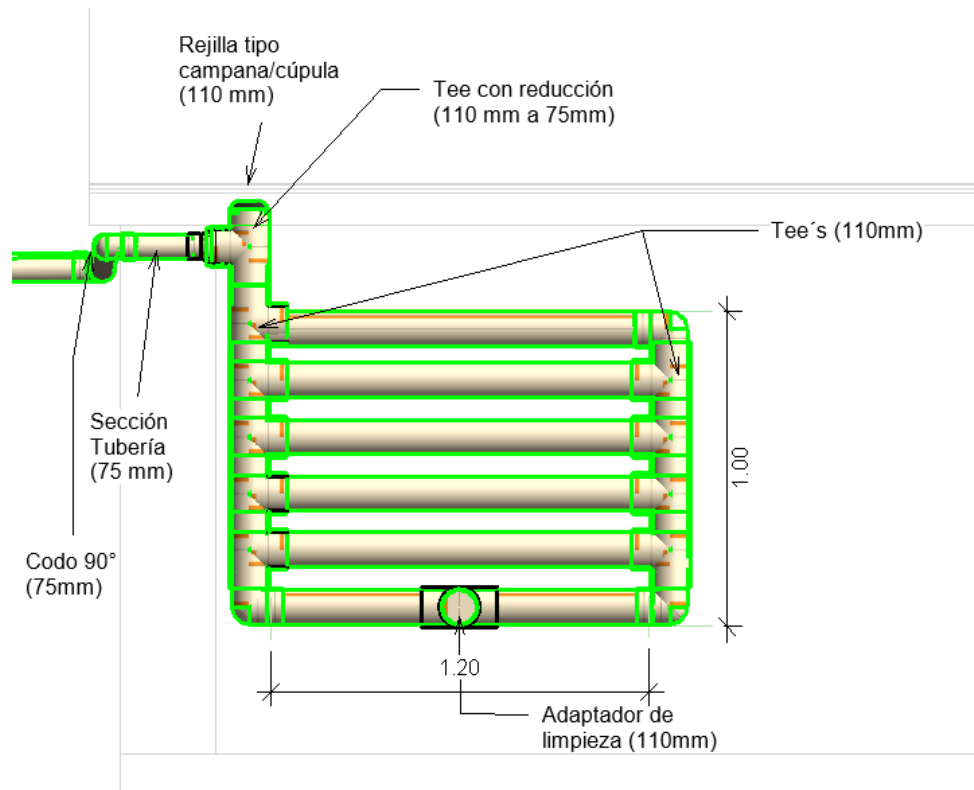


Ilustración 62. - Detalle del desviador (vista frontal)

Puede observarse de manera más detallada que se reparte el volumen de agua en seis ramales distanciados centralmente 1.2 m, además se consideró una Tee de 110 mm con reducción a 75mm para derivar el agua hacia el desviador y al tanque de almacenamiento. La separación de los tubos no es de 1.42 m como en el cálculo debido a que se considera que los codos y la tubería de paso como la sección de salida también contienen agua, además que se aumentan 2 metros adicionales. Finalmente, se deberá colocar un adaptador de limpieza en la salida del tubo para permitir la salida de agua como del resto de material presente en el desviador como hojas o sedimentos que puedan contaminar el agua en el tanque, y se deberá de realizar una micro perforación de aproximadamente 3 mm en la parte central inferior del adaptador de limpieza para permitir el goteo del agua para que se vacíe semiautomáticamente en caso de que no se encuentre una persona dentro de la institución pero deberá limpiarse periódicamente luego de cada lluvia.

La ventaja de este desviador también consiste en que se puede evacuar toda la lluvia en caso de que las instalaciones no se encuentren en uso como lo es el periodo vacacional de los docentes y alumnos, por lo que se puede retirar el adaptador y permitir el paso del agua sin que sea desviada hacia el tanque evitando estanqueidad.

En todos los casos se deberá de implementar este sistema incluso para techos de menor área, ya que solo se tendría mayor eficiencia de limpieza, por ejemplo si se tiene un área de 100m² que es la mínima considerada se limpia el techo con los 75 litros que almacena el desviador se tendrían 0.75 l/m² de agua empleados para la limpieza, lo cual brindaría mejores resultados para la limpieza del techo. En el caso de que se quiera cambiar la longitud y diámetros de la tubería se deberá de realizar un análisis como el descrito anteriormente.

5.6 Filtración

Se colocará un filtro de tipo disco de 1" para filtrar el agua que sale desde el primer tanque. Este filtro resultará muy útil debido a que se encargará de retener partículas pequeñas que hayan atravesado la rejilla, el desviador y la canastilla de una válvula check que se colocará en el adaptador dentro del tanque. Estos filtros poseen un área filtrante de unos 100cm² y un grado de filtración de 120 mesh con lo cual retienen a partículas de hasta 125 micrómetros (µm), es decir 0.125mm, y pueden filtrar caudales de hasta 5m³/h según varios fabricantes. Además, la principal ventaja es que se pueden limpiar fácilmente al retirar el filtro y se

conectan en línea, por lo que pueden desconectarse del sistema y limpiarse periódicamente sin necesidad de cambiar el filtro. La principal desventaja es que requieren de limpieza constante para su buen funcionamiento, la cual es importante para el buen funcionamiento de la bomba, pero a largo y corto plazo resultan ser prácticos y de bajo costo. A continuación, se presenta una imagen del filtro de discos:



Ilustración 63. - Filtro de discos/anillos y su carcasa

Rural Makro (2022). *Irri. filtro de disco de 120 mesh 1" 5m³/h* [Fotografía]. ruralmakro.com.py, Paraguay. <https://ruralmakro.com.py/productos/irr-filtro-de-disco-irritec>

También se colocará un filtro de 10 a 5 micras, es decir 0.01mm – 0.005mm, luego de este filtro de discos para que se retengan sedimentos de menor tamaño, este filtro tiene una duración de 2 a 6 y hasta 9 meses dependiendo de la cantidad de sedimentos que presenten en el agua. El filtro tiene una conexión de 1 ½", y tiene una capacidad de filtrado de 135lpm. Como el diámetro es mayor al de las tuberías se colocarán unas reducciones en la carcasa del filtro para que se acople al sistema, por lo que el caudal máximo anteriormente mencionado podría ser menor, pero sigue siendo suficiente ya que como se detallará más adelante el caudal que se espera para este sistema en la impulsión de la bomba será de unos 70lpm (la mitad del caudal máximo), por lo que no se tendrían inconvenientes. Existen diversos cartuchos para este tipo de filtro, los más comunes son los de polipropileno y de carbón

activado. Se recomienda uno de polipropileno plisado debido a que cuentan con la ventaja de que son lavables por lo que su tiempo de vida útil podría alargarse, pero de igual manera funcionan adecuadamente el de polipropileno normal o el de carbón. El filtro requiere una presión mínima de unos 8 PSI, lo que equivalen a unos 5.6 mca, y funciona con una presión máxima de hasta 125 PSI (87.9 mca), más adelante se detalla la altura de bombeo con la que trabajará la bomba que equivale a la presión de trabajo del sistema, la cual es de unos 17 mca, por lo tanto el filtro funcionaría adecuadamente con el sistema. Este es el aparato más crítico para considerar debido a que es el que produce una de las mayores pérdidas de carga y que requiere de una presión mínima para su funcionamiento, por lo tanto, como se encuentra dentro de los rangos no se debería de tener problemas durante su funcionamiento. A continuación se muestra la imagen de este tipo de filtro y su carcasa:



Ilustración 64. - Filtro de polipropileno (10 micras) y su carcasa

GRUPO EVANS S.A. (2020). *Cartucho de Polipropileno 5 μ m* [Fotografía]. Evans Tienda Oficial, México. <https://evans.com.mx/filtros/accesorios/cartucho-de-polipropileno-5-m-pp-10b-5.html>

5.7 Desinfección

Para la desinfección del agua se utilizará un clorador en línea como dispositivo de apoyo en caso de que se encuentre material bacteriano proveniente de las aves, animales o cualquier otro microorganismo patógeno que pudo haber alterado la calidad del agua, e incluso por una falta de limpieza y de mantenimiento del tanque inferior. Este equipo tiene la ventaja de dosificar el cloro mediante pastillas que entran en contacto con el agua por acción de la gravedad de forma automática y puede ser regulado, pero estos equipos también dosifican mayores cantidades de cloro con respecto a las permitidas para el consumo humano porque están diseñados para piscinas. Por esto, durante la instalación del sistema se deberá regular el equipo mediante pruebas con un comparador colorimétrico hasta conseguir la dosis recomendada de 0,3 a 1,5mg/l, según la NTE INEN 1108. Se recomienda envolver las pastillas en un material no poroso (como el látex) o en un tapón plástico para tuberías de PVC de 3" (debido a que es el diámetro de las pastillas con las que funciona el equipo), ambos materiales perforados para que el contacto con el cloro sea menor y por lo tanto se logren dosificaciones más bajas de este químico que se evidencien empíricamente con sus resultados. En caso de que no se realice esta calibración del equipo y aprobación por parte de un técnico calificado, el agua no deberá de beberse directamente, pero puede ser empleada para fines de limpieza, aseo e higiene. Este equipo tiene conexiones de 1 ½" por lo que se deberá de instalar con sus respectivas reducciones, además se deberá llevar un registro del consumo de las pastillas para que se realice su respectivo cambio de forma oportuna. También se podría realizar la desinfección directamente en el tanque superior una vez se encuentre lleno como se explica en la Tabla 17. - Dosificaciones de Hipoclorito de Sodio (NaOCl) de acuerdo al volumen del agua en el depósito, pero sería mucho más inconveniente, en tal caso se debería de desinfectar llenando un recipiente externo, empleando las cantidades de cloro mencionadas en la tabla, no en el tanque superior directamente. También es importante comunicar a los usuarios que el agua no puede consumirse inmediatamente después de la lluvia debido a que el agua tendrá un contacto reciente con el cloro, para esto los usuarios deberán esperar entre 30 a 40 minutos para que disminuya su concentración y que el cloro actúe con su propiedad desinfectante. A continuación, se presentan una imagen de este tipo de clorador:



Ilustración 65. - Clorador en línea

Hidrotec (2022). *Clorador automático en línea ol302 (residencial)* [Fotografía]. Hidrotec: Albergas y servicios, Guadalajara, México. <https://hidrotecalbergas.com/product/clorador-automatico-en-linea-ol302-residencial/>

Antes de pasar a la siguiente sección de este capítulo, cabe recalcar que los elementos para la filtración (filtro de discos y de polipropileno) como para la desinfección (clorador en línea) deberán de colocarse en la línea de impulsión de la bomba y no en la succión. Esto debido a que desde el punto de vista hidráulico no es óptimo ya que se puede generar estrés en la bomba e incluso dañarla porque los filtros son accesorios que causan pérdidas de carga considerables, e incluso el clorador genera cierta pérdida. Los únicos elementos que se colocarán en la línea de succión serán las válvulas de paso para el funcionamiento de la primera o la segunda bomba, y la válvula de pie dentro del tanque para proteger a las bombas evitando el vaciado de la línea de succión y por lo tanto un funcionamiento en seco lo cual es sumamente perjudicial para las bombas.

5.8 Almacenamiento

El almacenamiento se realizará por medio del uso de dos tanques, uno inferior y otro superior con suficiente capacidad de satisfacer a 60 personas que se encuentran en la mayoría de las escuelas fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador (65% aprox. deducido previamente). La necesidad de dos tanques se da principalmente porque el tanque inferior recolectará toda el agua de la lluvia y la almacenará provisionalmente para luego ser bombeada al tanque superior que también funcionará como almacén de agua, pero se encontrará elevado para mantener una presión de agua constante sin que se requiera la activación de la bomba por cada vez que se usen las instalaciones y para no implementar sistemas hidroneumáticos que vuelvan más compleja la implementación, operación y mantenimiento. Para calcular el volumen del tanque se tomó en consideración una dotación promedio del uso simultáneo de los inodoros y los lavamanos tomando en cuenta todos los lineamientos mencionados por la UNICEF, OMS y la NEC esta dotación en promedio sería de:

$$\text{Dotación para el diseño: } \frac{20\text{ts}}{\frac{\text{persona}}{\text{día}}}$$

Esta dotación cubre los 15 litros en promedio por persona por día necesarios para descargas de inodoros y los 5 litros por persona por día para beber y lavarse las manos.

Los tanques disponibles en el mercado son bastante variados, pero se seleccionó uno de tipo botella (tanque inferior) y uno cilíndrico horizontal (tanque superior) con capacidades de almacenamiento de 1100 & 1300 litros respectivamente, para ser empleados en este sistema. Juntos brindarán una capacidad del doble a la requerida diariamente para las 60 personas consideradas ya que para una dotación 20 litros por persona por día se requieren 1200 litros, y con ambos tanques se obtendría una capacidad total de hasta 2400 litros. Esto aporta beneficios adicionales ya que en caso de que la institución cuente con 80 personas se requerirían de al menos 1600 litros, una capacidad 1.5 veces mayor para esta población, y funcionaría también en instituciones con 120 personas que hagan un uso racional del agua. Por lo tanto, el sistema podría ampliarse para instituciones educativas fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador que cuenten hasta con 120 personas para el uso diario, mientras que un rango de 60 a 80 personas permite a las instituciones educativas contar con reservas de agua hasta de dos días.

5.9 Comprobación de presión en red de distribución

A continuación, se presentan los cálculos para validar el correcto funcionamiento hidráulico como las capacidades y limitaciones que tendrá el sistema mediante una breve memoria técnica:

Ubicación del proyecto: Escuelas fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador

Comprende: Captación, abastecimiento y distribución de agua lluvia

Sistema de agua compuesto por:

- Reserva inferior 1100 litros
- Reserva superior 1300 litros
- Filtro de discos (anillos) 1”
- Clorador en línea 1 ½” de diámetro, pastillas de 3”
- Bombas de agua
- Distribución conectada a tanque inferior, a equipo de bombeo y finalmente a tanque superior que abastecerá el agua mediante las tuberías a todos los puntos de consumo

Materiales del sistema:

- Canaletas y bajantes para la recolección de agua lluvia de PVC
- Tanques de reserva de polietileno
- Tuberías de distribución de PVC pegables y sus accesorios
- Bombas de fundición (bronce)
- Válvulas de bronce (check)
- Válvulas de plástico (PVC)

Suministro de Agua:

Consumo:
$$\frac{20l}{\text{persona} * \text{día}} * 60 \text{ personas} = 1200 \text{ litros}$$

Volumen de Almacenamiento: 2400 litros

Se emplearán los caudales instantáneos y presiones mínimas presentes en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11), Capítulo 16, Norma Hidrosanitaria NHE Agua del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2011), presentados anteriormente en la Tabla 11. - Tabla 16.1 de la NEC-2011 Norma Hidrosanitaria NHE Agua (fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda). También se considerarán todas las recomendaciones presentes en esta normativa, y para el cálculo de pérdidas en tuberías y accesorios se tendrá en cuenta las consideraciones de las siguientes tablas presentadas anteriormente:

- Tabla 12. - Estimación del Caudal Máximo Probable y del Coeficiente de Simultaneidad
- Tabla 13. - Estimación de pérdidas

Finalmente se comprobará las capacidades hidráulicas del sistema mediante el uso de la ecuación de Darcy-Weisbach, y todas sus consideraciones presentadas previamente, para el factor de fricción se empleará la ecuación de Swamee y Jain por facilidad de cálculo.

Determinación de Caudales:

Para determinar los caudales y capacidad del sistema se tomó en cuenta un modelo hipotético de las baterías sanitarias en las escuelas fiscales rurales del Ecuador, el cual luce como la siguiente imagen tomada por el MINEDUC (2022):



MINEDUC (2022). *Instituciones Educativas reciben mejoras en baterías sanitarias.*

[Fotografía]. Ministerio de Educación, Cuenca, Ecuador.

<https://educacion.gob.ec/instituciones-educativas-reciben-mejoras-en-baterias-sanitarias>

En base a los requerimientos mínimos para 60 personas según los lineamientos previamente mencionados, se planteó el siguiente modelo genérico de una batería sanitaria:

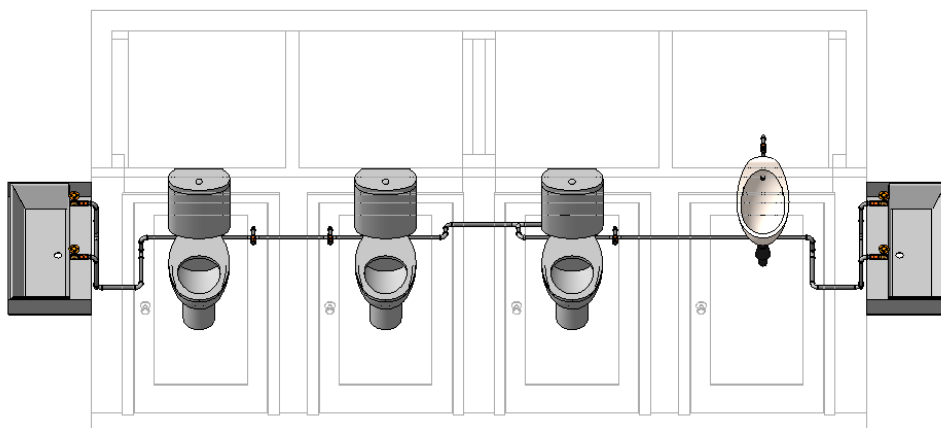


Ilustración 63. Modelo de cálculo para calcular pérdidas y capacidad del sistema

El modelo consiste en 3 inodoros, un urinario y 4 lavamanos. Los planos de detalle se encontrarán junto a los otros planos en el anexo.

Tabla 49. - Aparatos sanitarios y caudales requeridos de las instituciones

Cuadro QI & QMP			
Aparato sanitario	Cantidad	QI (l/seg)	QI Total (l/seg)
Inodoro	3	0,1	0,3
Urinario	1	0,15	0,15
Lavamanos	4	0,1	0,4
Total	8	Q Máx Posible	0,85
Ks	0,38	F	0
QMP (l/s; l/min)	0,32	19,28	

Nota.: F se toma como 0 (cero), considerando el factor dado por la norma francesa, así también se toma en cuenta a la Ecuación 1. - Coeficiente de Simultaneidad.

Se toman en cuenta dos opciones para el diseño de la salida del tanque: una en la que se considera una tubería adicional para la salida, y otra adicional en la que se utilizará la misma línea de entrada del tanque para la distribución colocando una válvula check a la salida de la tubería para aprovechar la misma línea, pero que aumentará las pérdidas por accesorios. A continuación, se presentan los resultados:

Pérdidas menores en accesorios:*Tabla 50. - Pérdidas menores en accesorios de instalaciones sanitarias*

Tramo:	Tanque					
Accesorio	Cantidad	A (-)	B (-)	C (-)	d (mm)	Le (m)
Tee	1	0,53	0,04	150	24,3	0,36
Codo	2	0,52	0,04	150	24,3	0,71
Válvula	1	3,2	0,03	150	24,3	2,04
					Long. Total	3,12

Tramo:	1 - 2					
Accesorio	Cantidad	A (-)	B (-)	C (-)	d (mm)	Le (m)
Codo	2	0,52	0,04	150	13,88	0,43
Tee	2	0,53	0,04	150	13,88	0,44
Válvula	1	3,2	0,03	150	13,88	1,18
Salida Tubería	1	0,77	0,04	150	13,88	0,30
					Long. Total	2,35

Tramo:	2 - 3					
Accesorio	Cantidad	A (-)	B (-)	C (-)	d (mm)	Le (m)
Codo	1	0,52	0,04	150	13,88	0,21
Tee	1	0,53	0,04	150	13,88	0,22
Salida Tubería	1	0,77	0,04	150	13,88	0,30
					Long. Total	0,74

Tramo:	3 - 4					
Accesorio	Cantidad	A (-)	B (-)	C (-)	d (mm)	Le (m)
Codo	6	0,52	0,04	150	13,88	1,29
Tee	1	0,53	0,04	150	13,88	0,22
Salida Tubería	1	0,77	0,04	150	13,88	0,30
Long. Total						1,81

Tramo:	4 - 5					
Accesorio	Cantidad	A (-)	B (-)	C (-)	d (mm)	Le (m)
Codo	2	0,52	0,04	150	13,88	0,43
Salida Tubería	1	0,77	0,04	150	13,88	0,30
Long. Total						0,73

Tramo:	1 - 6					
Accesorio	Cantidad	A (-)	B (-)	C (-)	d (mm)	Le (m)
Codo	3	0,52	0,04	150	13,88	0,64
Tee	2	0,53	0,04	150	13,88	0,44
Válvula	1	3,2	0,03	150	13,88	1,18
Salida Tubería	1	0,77	0,04	150	13,88	0,30
Long. Total						2,56

Tramo:	6 - 7					
Accesorio	Cantidad	A (-)	B (-)	C (-)	d (mm)	Le (m)
Codo	1	0,52	0,04	150	13,88	0,21
Tee	1	0,53	0,04	150	13,88	0,22
Salida Tubería	1	0,77	0,04	150	13,88	0,30
Long. Total						0,74

Tramo:	7 - 8					
Accesorio	Cantidad	A (-)	B (-)	C (-)	d (mm)	Le (m)
Codo	6	0,52	0,04	150	13,88	1,29
Tee	1	0,53	0,04	150	13,88	0,22
Salida Tubería	1	0,77	0,04	150	13,88	0,30
					Long. Total	1,81

Tramo:	8 - 9					
Accesorio	Cantidad	A (-)	B (-)	C (-)	d (mm)	Le (m)
Codo	2	0,52	0,04	150	13,88	0,43
Salida Tubería	1	0,77	0,04	150	13,88	0,30
					Long. Total	0,73

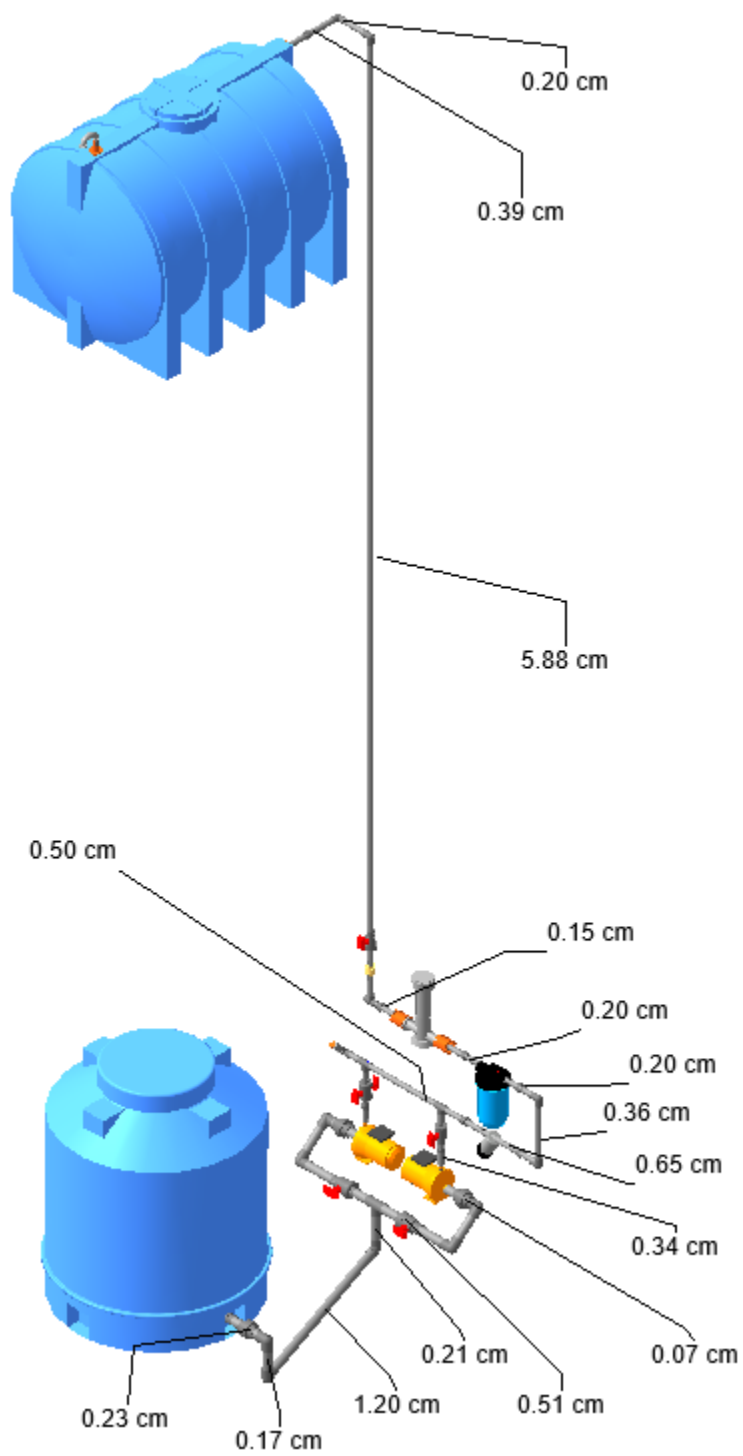
Línea de Impulsión desde el tanque Inferior:

Ilustración 64.- Línea de paso desde tanque inferior hacia tanque elevado

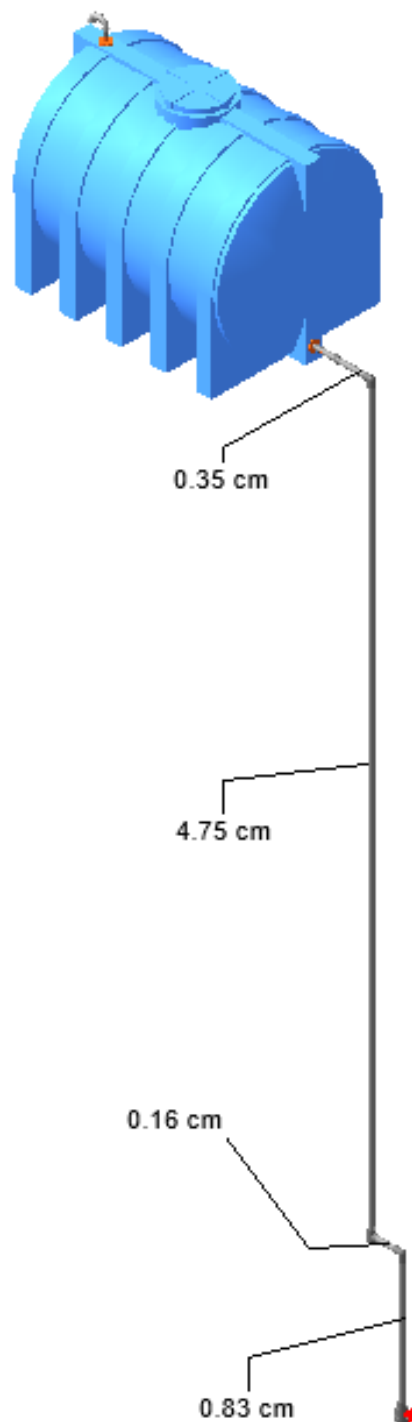
Línea de salida desde tanque superior:

Ilustración 65.- Línea de distribución hacia instalaciones sanitarias

Tabla 51. - Cálculo capacidad hidráulica del sistema empleando la fórmula de Flamant (NEC)

Material	PVC	Presión del tanque elevado (m)	6,1
Coef. (m)	0,00054		

	Tramo	QI	No. aparatos	Ks	QMP	Diámetros Tubería		Velocidad (m/s)	Pérdida de Carga Unitaria (m/m)	Longitud tubería (m)	Longitud Equivalente Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Pérdida de Carga (m)	Pérdida de Carga Acum. (m)	Presión (m)
						Φ Nominal (in)	Φ Interior (mm)								
	Tanque	0,85	8,00	0,38	0,32	1	24,30	0,69	0,03	6,09	3,12	9,21	0,27	0,27	5,83
	T - I	0,85	8,00	0,38	0,32	1	24,30	0,69	0,03	28,00	5,60	33,60	0,99	1,27	4,83
Ruta 1	1 - 2	0,45	4	0,58	0,26	1/2	13,88	1,72	0,29	3,93	2,35	6,28	1,83	3,10	3,00
	2 - 3	0,35	3	0,71	0,25	1/2	13,88	1,64	0,27	0,41	0,74	1,15	0,31	3,41	2,69
	3 - 4	0,20	2	1,00	0,20	1/2	13,88	1,32	0,18	1,21	1,81	3,02	0,56	3,96	2,14
	4 - 5	0,10	1	1,00	0,10	1/2	13,88	0,66	0,05	1,31	0,73	2,04	0,11	4,08	2,02
Ruta 2	1 - 6	0,40	4	0,58	0,23	1/2	13,88	1,53	0,24	1,31	2,56	3,87	0,92	2,19	3,91
	6 - 7	0,4	3	0,71	0,21	1/2	13,88	1,40	0,20	1,10	0,74	1,84	0,38	2,56	3,54
	7 - 8	0,4	2	1,00	0,20	1/2	13,88	1,32	0,18	1,15	1,81	2,96	0,55	3,11	2,99
	8 - 9	0,4	1	1,00	0,10	1/2	13,88	0,66	0,05	1,41	0,73	2,14	0,12	3,23	2,87

Del cálculo se puede determinar que se logra abastecer a los dos ramales considerados para las instalaciones sanitarias de las escuelas fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador hasta un **radio de 28 metros**, con la **presión mínima de 2 mca** y las **velocidades** se encuentran **entre los 0.6 y 2.5 m/s** como lo especifica la NEC. Por lo que es importante colocar tubería de 1" en el sistema para reducir las pérdidas de carga. Cabe recalcar que esta presión se logra cuando el tanque está por vaciarse por lo que al encontrarse lleno podrían alcanzarse presiones mayores por el aumento de carga hidráulica (tope del tanque alcanzará hasta los 7 metros).

Tabla 52. - Cálculo capacidad hidráulica del sistema empleando la fórmula de Darcy-Weisbach:

T (°C)	10	Presión del tanque elevado (m)	6,1
v (m ² /s)	1,3E-06		
ε	3E-07		

	Tramo	QI	No. ap.	Ks	QMP	Diámetros Tubería		Velocidad (m/s)	NR	f	Pérdida de Carga Unitaria (m/m)	Longitud tubería (m)	Longitud Eq. Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Pérdida de Carga (m)	Pérdida de Carga Acum. (m)	Presión (m)
						Φ Nominal (in)	Φ Interior (mm)										
	Tanque	0,85	8	0,38	0,32	1	24,30	0,69	12949	0,02891	0,03	6,09	3,12	9,21	0,27	0,27	5,83
	T - I	0,85	8	0,38	0,32	1	24,30	0,69	12949	0,02891	0,03	30,00	6,00	36,00	1,05	1,32	4,78
Ruta 1	1 - 2	0,45	4	0,58	0,26	1/2	13,88	1,72	18333	0,02644	0,29	3,93	2,35	6,28	1,80	3,11	2,99
	2 - 3	0,35	3	0,71	0,25	1/2	13,88	1,64	17463	0,02677	0,26	0,41	0,74	1,15	0,30	3,41	2,69
	3 - 4	0,20	2	1,00	0,20	1/2	13,88	1,32	14113	0,02828	0,18	1,21	1,81	3,02	0,55	3,96	2,14
	4 - 5	0,10	1	1,00	0,10	1/2	13,88	0,66	7056	0,03420	0,05	1,31	0,73	2,04	0,11	4,07	2,03
Ruta 2	1 - 6	0,40	4	0,58	0,23	1/2	13,88	1,53	16296	0,02724	0,23	1,31	2,56	3,87	0,90	2,49	3,88
	6 - 7	0,30	3	0,71	0,21	1/2	13,88	1,40	14969	0,02785	0,20	1,10	0,74	1,84	0,37	2,85	3,51
	7 - 8	0,20	2	1,00	0,20	1/2	13,88	1,32	14113	0,02828	0,18	1,15	1,81	2,96	0,54	3,39	2,98
	8 - 9	0,10	1	1,00	0,10	1/2	13,88	0,66	7056	0,03420	0,05	1,41	0,73	2,14	0,12	3,51	2,86

Se puede observar que los resultados son muy similares comparándolos con el método anterior, ya que de igual manera se abastece a ambos ramales con diámetros de 1" para las tuberías de distribución en un **radio de 30 m**, Además se cumplen los requisitos previamente mencionados de la NEC. La temperatura se asumió de 10 °C para considerar también a las regiones de páramo encontradas en la sierra de la Zona1 del Ecuador, pero en climas cálidos la capacidad del sistema aumenta debido a que la viscosidad cinemática disminuye, por lo tanto, en provincias como Esmeraldas y Sucumbíos el sistema podría contar con un mayor rango de capacidad (a 25 °C alcanza 40m).

Capacidad de la Bomba:

Para la capacidad de la bomba también se realizaron los siguientes cálculos:

Fórmula de Flamant (NEC):

Material: PVC

Coef. (m): 0,00054

Tabla 53. - Cálculo de la bomba (Flamant)

Q	Diámetros Tubería		Velocidad (m/s)	Pérdida de Carga Unitaria (m/m)	
	Φ Nominal (in)	Φ Interior (mm)			
Succión	1,08	1 1/4	32,46	1,31	0,06
Impulsión	1,08	1	24,3	2,34	0,25

	Longitud tubería (m)	Longitud Eq. Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Pérdida de Carga (m)	Pérdidas Adicionales	Pérdida de Carga Acum (m)
Succión	3,19	8,39	11,58	0,73	0,00	0,73
Impulsión	8,76	9,56	18,32	4,55	4,77	9,33
	11,95					10,05

Resumen del cálculo:

Δz [m]	7
Σ(hf+hm) [m]	10,05
Hb [m]	17,05
Q (m ³ /s)	0,001083333
Eficiencia	0,41
Potencia (KW)	0,44
Potencia (W)	442,02
Potencia (Hp)	0,59

Volumen (lts)	1300
Tiempo llenado(min)	20,00

Fórmula de Darcy-Weisbach:

$$T^{\circ} = 15$$

$$v(\text{m}^2/\text{s}) = 1,15\text{E}-06$$

$$K = 0,0000003$$

Tabla 54. - Cálculo de la bomba (Darcy-Weisbach)

Q	Diámetros Tubería		Velocidad (m/s)	NR	f	Pérdida de Carga Unitaria (m/m)
	Φ Nominal (in)	Φ Interior (mm)				
Succión	1,08	1 1/4	1,31	36950,97	0,022283	0,06
Impulsión	1,08	1	2,34	49359,20	0,020872	0,24

	Longitud tubería (m)	Longitud Eq. Accesorios (m)	Longitud Total (m)	Pérdida de Carga (m)	Pérdidas Adicionales	Pérdida de Carga Acum (m)
Succión	3,19	9,81	13,00	0,78	0,00	0,78
Impulsión	8,76	9,56	18,32	4,38	4,77	9,15
	11,95					9,93

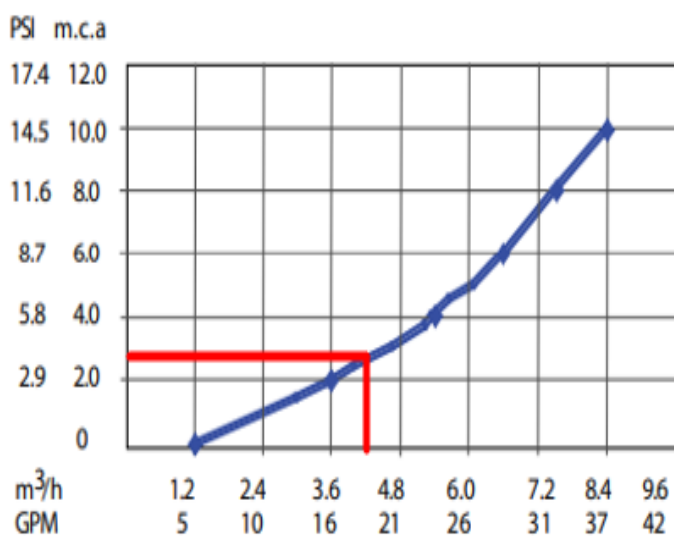
Resumen del cálculo:

Δz [m]	7
Σ(hf+hm) [m]	9,93
Hb [m]	16,93
Q (m ³ /s)	0,001083333
Eficiencia	0,41
Potencia (KW)	0,44
Potencia (W)	438,74
Potencia (Hp)	0,59

Volumen (lts)	1300
Tiempo llenado(min)	20,00

Con los dos métodos se observa que la diferencia en la pérdida de carga es muy similar debido a que la longitud de la tubería no es muy grande, pero mientras va aumentando la longitud de la tubería el método de la NEC es más conservador que la ecuación de Darcy-Weisbach, ya que como se puede observar previamente para el cálculo de la capacidad hidráulica la diferencia entre ambos métodos fue de 2 metros. También cabe mencionar que el **tiempo de llenado para el tanque superior rondará los 20min transportando un caudal de 1.08 l/s equivalente a 65 l/min**. Para las pérdidas de carga adicionales, se considera que estas son las producidas por los filtros y el clorador, las cuales se detallarán más adelante. Finalmente se puede mencionar que la eficiencia considerada se tomó de acuerdo a la ficha técnica de la bomba en la que se especifica que la eficiencia es de aproximadamente el 41% cuando la bomba trabaja con este caudal.

A continuación, se detallará de mejor manera las consideraciones para el cálculo de pérdidas como para la implementación de la bomba:



En el gráfico puede observarse que con un caudal de 1.08 l/s (aprox. 3.9 m³/h) la pérdida esperada en el filtro es de 2.8 mca. Para el caso del segundo filtro se tiene que la pérdida de carga es de 1.41 mca (2 psi) según lo que se presenta en varias fichas técnicas de los fabricantes.

Para la pérdida de carga del clorador se tomó como el 40% de la pérdida de carga del segundo filtro debido a la escasa información para este accesorio.

Ilustración 66. - Pérdida de carga estimada del filtro

DITECNIA. (2019). Línea complementos [Gráfico]. Obtenido de: <https://www.ditecna.com.ec:https://www.ditecna.com.ec/wp-content/uploads/2020/08/PGA-1-Catalogo-Linea-de-Complementos-para-Agricultura-Plastigama.pdf>

La bomba considerada en el cálculo es de la marca Evans modelo 2HME050, y puede conseguirse en Quito por medio de Hidromercado, un local especializado en el manejo del agua con un precio aproximado de 140 dólares, la ficha técnica de la bomba presenta la siguiente curva de trabajo y de eficiencia:

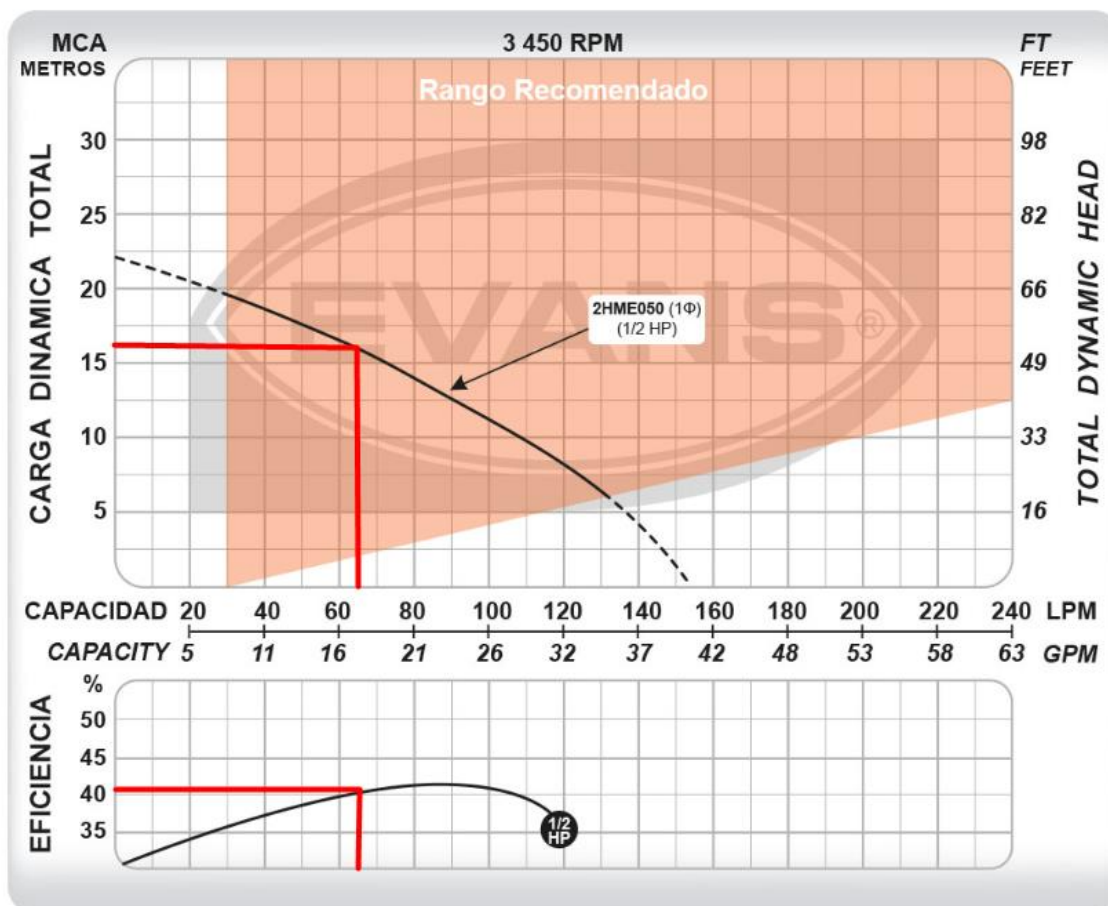


Ilustración 67. - Curva característica de bomba Evans modelo 2HME050

GRUPO EVANS S.A. (2020). *Bomba residencial de 1/2 HP para bombeo de agua limpia a tinaco* [Curvas de trabajo y eficiencia]. Evans Tienda Oficial, México. <https://evans.com.mx/bombas-de-superficie/residencial/bomba-domestica-1-2-hp-2hme050.html>

Se seleccionó esta bomba principalmente porque es una de las más económicas dentro del mercado, y en segundo lugar por su mayor eficiencia para bombear agua. Ya que, si se considera que en unos 5 minutos el tanque inferior se llenaría por completo según los análisis previos, dentro de los 15 a 30 min considerados para captar los 2400 litros de agua, la bomba dentro de los 20min que se demora en llenar el tanque superior ayudaría a que tanto el tanque inferior como superior se encuentren llenos captando este volumen de agua.

5.10 Análisis de precios unitarios y presupuesto referencial

A continuación, se presenta el presupuesto referencial para la construcción de una unidad del SCALL diseñado, determinado mediante análisis de precios unitarios (ver Anexos para APU detallados). El costo referencial es genérico y no representa las diferencias de precio de materiales o costos de transporte dependiendo de la ubicación geográfica, por lo que el costo definitivo deberá conocerse mediante procesos competitivos de contratación.

Tabla 55. - Resumen de APUs y presupuesto referencial

Tabla de Descripción de Rubros, Unidades, Cantidades y Precios						
Ítem No.	Rubro No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Total (USD)
1	Obras preliminares y Movimiento de tierras					42,34
1,1	001	Limpieza y desbroce	m2	5,76	2,00	11,50
1,2	002	Replanteo y Nivelación	m2	5,76	1,78	10,28
1,3	003	Excavación manual	m3	2,31	8,90	20,56
2	Cimentación					687,97
2,1	004	Encofrado de cimentación	m2	2,73	14,13	38,57
2,2	005	Acero de refuerzo en losa de cimentación	kg	212,81	1,98	422,03
2,3	006	Hormigón f'c=210kg/cm2 para losa de cimentación	m3	1,64	135,06	221,51
2,4	007	Paletado manual en fresco en losa	m2	5,76	1,02	5,85
3	Estructura metálica					10154,91
3,1	008	Acero Estructural A36	kg	2997,64	3,05	9129,61
3,2	009	Malla electrosoldada R196 1Ø 5@10cm	m2	13	4,89	63,55
3,3	010	Deck metálico en losa e=0.76 mm	m2	13	19,96	259,47
3,4	011	Reapuntalado de vigas y losas	m2	13	2,64	34,32
3,5	012	Hormigón f'c=210kg/cm2 para losa (h=12cm)	m2	1,36	134,71	183,20
3,6	007	Paletado manual en fresco en losa	m2	13	1,02	13,21
3,7	013	Cubierta liviana	m2	10,11	46,64	471,53
4	Mampostería y cerramientos					712,31
4,1	014	Mampostería de bloque pesado e=10cm, mortero 1:4 e=2.0cm	m2	19,93	17,14	341,51
4,2	015	Dintel	m	1,6	14,30	22,88

4,3	016	Puerta tol doblado con marco (incluye instalación y pintura)	m2	3,2	83,80	268,16
4,4	017	Ventana corrediza aluminio - vidrio claro (incluye instalación)	m2	0,48	53,92	25,88
4,5	018	Escotillas en losetas	m2	1,08	49,89	53,88
5	Instalación hidrosanitaria - Presión					1689,92
5,1	019	Tubería PVCP 1"	m	18,33	7,97	146,01
5,2	020	Tubería PVCP 1 1/4"	m	3,57	17,11	61,08
5,3	021	Tanque PE cilíndrico horizontal 1300 lts	u	1,00	332,71	332,71
5,4	022	Tanque PE cilíndrico vertical 1100 lts	u	1,00	254,39	254,39
5,5	023	Bomba centrífuga 0,5 HP	u	2,00	221,36	442,71
5,6	024	Filtro de anillos de 1"	u	1,00	32,46	32,46
5,7	025	Filtro de polipropileno 10 micras	u	1,00	103,17	103,17
5,8	026	Clorador en línea	u	1,00	111,25	111,25
5,9	027	Válvulas de bola 32mm (1") con universal	u	6,00	18,47	110,81
6,0	028	Válvulas de bola 40mm (1 1/4") con universal	u	2,00	21,66	43,31
6,1	029	Válvula check de 1"	u	1,00	31,73	31,73
6,2	030	Llave para manguera	u	1,00	20,28	20,28
6	Instalación hidrosanitaria - Drenaje					929,04
6,1	031	Tubería desagüe PVC 75mm	m	24,50	18,09	443,17
6,2	032	Desviador primeras aguas	u	2,00	242,94	485,87
7	Instalaciones eléctricas					413,15
7,1	033	Instalación eléctrica para control y activación de bombas	u	1,00	368,06	368,06
7,2	034	Punto de Luz	pto	1,00	45,08	45,08
Estimación del costo total (sin IVA)						14629,64

El costo total del proyecto es de \$14.629,64, sin IVA, lo que representa una inversión de al menos \$243,83 por persona, considerando una población de diseño de 60 personas.

Tabla 56. - Cronograma valorado del proyecto

Cronograma Valorado									
Implementación de SCALL en una escuela fiscal rural de la Zona 1 del Ecuador									
Actividades	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Presupuesto
Inicio de Actividades									
Limpieza y desbroce	11,5								11,5
Replanteo y Nivelación	10,28								10,28
Excavación manual	20,56								20,56
Encofrado de cimentación	38,57								38,57
Acero de refuerzo en losa de cimentación	422,03								422,03
Hormigón f'c=210kg/cm2 para losa de cimentación	221,51								221,51
Paletado a mano en losa (sin endurecedor)	5,85								5,85
Acero Estructural A36, columnas Nv+0.00 - Nv+3.00	862,55	1218,29	219,29						2300,13
Acero Estructural A36, vigas Nv+3.00			998,17	90,08					1088,25
Malla electrosoldada R196 1Ø 5@10cm Nv+3.00				31,78					31,78
Deck metálico en losa e=0.76mm Nv+3.00				129,74					129,74
Reapuntalado de vigas y losas Nv+3.00				17,16					17,16
Hormigón f'c=210kg/cm2 para losa (h=12cm) Nv+3.00				91,6					91,6
Paletado manual en fresco en losa Nv+3.00				6,61					6,61
Acero Estructural A36, escaleras Nv+0.00 - Nv+3.00				29,12					29,12

Acero Estructural A36, columnas Nv+3.00 - Nv+6.00	1056,86	1183,48			2240,34
Acero Estructural A36, vigas Nv+6.00		34,08	1054,17		1088,25
Malla electrosoldada R196 1Ø 5@10cm Nv+6.00			31,78		31,78
Deck metálico en losa e=0.76mm Nv+6.00			129,74		129,74
Reapuntalado de vigas y losas Nv+6.00			17,16		17,16
Hormigón f'c=210kg/cm2 para losa (h=12cm) Nv+6.00			91,6		91,6
Paletado manual en fresco en losa Nv+6.00			6,61		6,61
Acero Estructural A36, escaleras Nv+3.00 - Nv+6.00			29,12		29,12
Acero Estructural A36, columnas Nv+6.00 - Nv+8.00			92,44	654,34	746,78
Acero Estructural A36, columnas Nv+6.00 - Nv+8.20				563,08	821,46
Acero Estructural A36, vigas Nv+8.00 - Nv+8.20				786,16	786,16
Cubierta liviana				471,53	471,53
1 - Mampostería de bloque pesado e=10cm, mortero 1:4 e=2.0cm	256,13				256,13
Dintel	22,88				22,88
2 - Mampostería de bloque pesado e=10cm, mortero 1:4 e=2.0cm	85,38				85,38
Puerta tol doblado con marco (incluye instalación y pintura)	268,16				268,16
Ventana corrediza aluminio - vidrio claro (incluye instalación)	25,88				25,88

Escotillas en losetas						53,88			53,88
Tubería PVCP 1"				146,01					146,01
Tubería PVCP 1 1/4"				61,08					61,08
Tanque PE cilíndrico horizontal 1300 lts						248,21	84,5		332,71
Tanque PE cilíndrico vertical 1100 lts				254,39					254,39
Bomba centrífuga 0,5 HP				442,71					442,71
Filtro de anillos de 1"				32,46					32,46
Filtro de polipropileno 10 micras				103,17					103,17
Clorador en línea				111,25					111,25
Válvulas de bola 32mm (1") con universal				110,81					110,81
Válvulas de bola 40mm (1 1/4") con universal				43,31					43,31
Válvula check de 1"				31,73					31,73
Llave para manguera				20,28					20,28
Tubería desagüe PVC 75mm - Drenaje	112,15								112,15
Tubería desagüe PVC 75mm - Para captación de agua				320,16					320,16
Tubería desagüe PVC 75mm - Ventilación/rebose tanque inferior						10,85			10,85
Desviador primeras aguas	485,87								485,87
Instalación eléctrica para control y activación de bombas				294,45	73,61				368,06
Punto de Luz				45,08					45,08
Fin de Actividades									
Total general	2190,87	1218,29	1217,46	4128,27	1291,17	1765,56	1301,92	1516,07	14629,61

5.11 Planos

- Estructura
 - Revisar: Anexo D. Planos Estructura Metálica
- Sistema de Captación de Agua Lluvia (SCALL)
 - Colocación de elementos y ductos en la base de la torre
 - Revisar Anexo E.
 - Colocación de elementos y ductos N+3.00 & 6.00m
 - Revisar Anexo F.
 - Desviador Primeras Aguas
 - Revisar Anexo G.
 - Detalle Desagüe – 1
 - Revisar Anexo H.
 - Detalle Desagüe – 2
 - Revisar Anexo I.
 - Carga de presión y Vistas 3D del sistema de tuberías
 - Revisar Anexo J.
 - Detalle de los componentes del SCALL
 - Revisar Anexo K.
 - Detalle conexiones tanque elevado
 - Revisar Anexo L.
 - Isometría considerada para el cálculo de pérdidas en instalaciones sanitarias
 - Revisar Anexo M.
 - Esquema eléctrico de las bombas para el SCALL en escuelas fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador
 - Revisar Anexo N.

5.12 Manual de construcción e instalación



Instalación de tanque cilíndrico vertical (botella) para almacenamiento de agua:

Primero se debe perforar una de las caras planas inferiores del tanque mediante un sacabocados de 42mm, procurando que el agujero se encuentre en la parte central de la cara plana. Mientras que, en tres de las caras planas superiores se realizará un orificio de 75mm en cada una, en las cuales en las caras tanto derecha como izquierda las perforaciones se realizan en la parte central desde la vista en planta y en la tercera cara (central) la perforación será en la parte central frontal de la misma. En la cara plana superior restante, la perforación se realizará en la parte central (en planta) mediante una broca de tres octavos de pulgada (9,5mm), y cercano a este orificio se colocará un guarda cable para sujetar firmemente el electro nivel que se añadirá posteriormente.

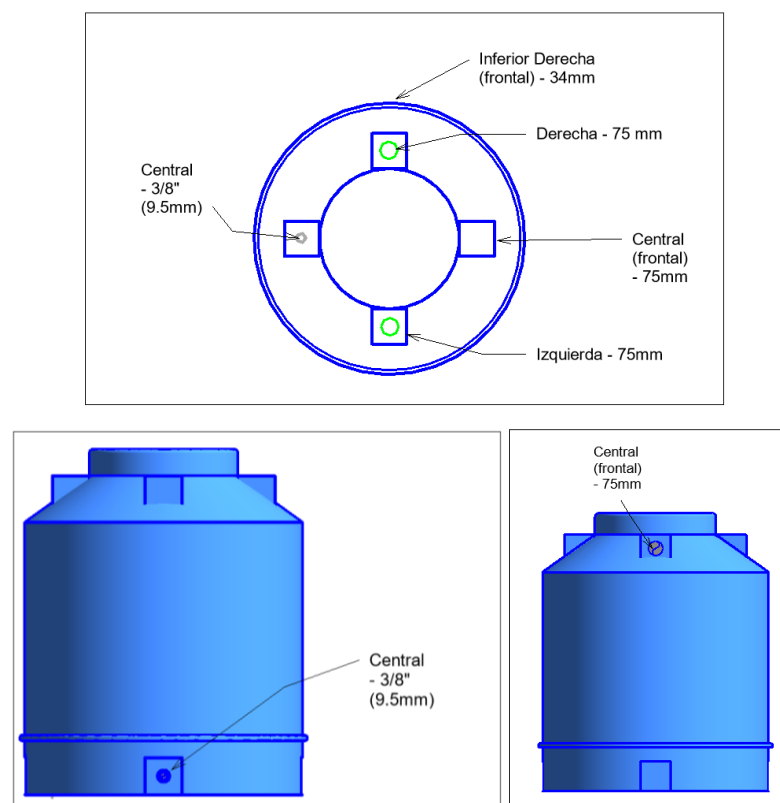


Ilustración 68. - Orificios para tubería tanque inferior

Adaptador de tanque:

En la cara plana inferior perforada se instalará primero el adaptador del tanque de 1"; para la siguiente maniobra se necesitará el trabajo conjunto de dos personas. Una persona ingresará al tanque (tomando las precauciones necesarias) mientras que, su compañero lo apoyará desde el exterior. La parte roscada se colocará desde el exterior manteniendo firme dicho extremo, a la vez que la persona dentro del tanque acoplará el otro extremo ajustándolo hasta que ya no se pueda enroscar de forma manual. Finalmente se completará esta maniobra ajustando con una media vuelta de rosca, con la ayuda de una llave Stilson (llave para tuberías) asegurando de esta manera el sello del adaptador con el tanque.

Válvula Antirretorno:

Una vez instalado el adaptador del tanque se deberá colocar la válvula antirretorno con canastilla, en la parte roscada del adaptador que se encuentra en la parte interna del tanque, para lo cual se deberá envolver con teflón la rosca del tubo del adaptador e incorporar la válvula verificando que la flecha se encuentre apuntando hacia el exterior de tanque, es decir, en la dirección de flujo; y ajustarla hasta que se ya no se pueda enroscar de forma manual y terminar con un cuarto de vuelta, con la ayuda de una llave Stilson.



Ilustración 69. - Instalación adaptador para tanque



Ilustración 70. - Instalación válvula check con rejilla

Es importante que la válvula se encuentre direccionada en forma correcta colocando la flecha en la dirección del flujo, como se muestra en la imagen.



Ilustración 71. - Instalación válvula check con rejilla en adaptador de tanque

Tubería de rebose-ventilación:

Para esta tubería se utilizará una rejilla de piso de 75mm, la cual debe ser previamente cortada con un alicate y posteriormente limada, para ser colocada dentro del tanque, la rejilla se pegará desde el interior del tanque con cemento para PVC; esta rejilla servirá para mantener la tubería fijada al tanque sin que se desprenda del mismo.

Primero debe pasarse un tubo de PVC para desagüe de aproximadamente 12,5-15cm por el orificio frontal de 75mm en la cara plana superior, realizado previamente. Dentro del tubo se aplicará cemento para PVC, al igual que en los bordes de la rejilla, para ser fijada al tubo y al tanque. Posteriormente se colocará un codo (c/c) y una tubería con longitud de 50cm aproximadamente. En la terminación de esta tubería se deberá colocar una malla (de preferencia plástica o de aluminio, evitando su corrosión) suficientemente fina para impedir el ingreso de mosquitos, la cual deberá ser sujeta mediante una abrazadera.

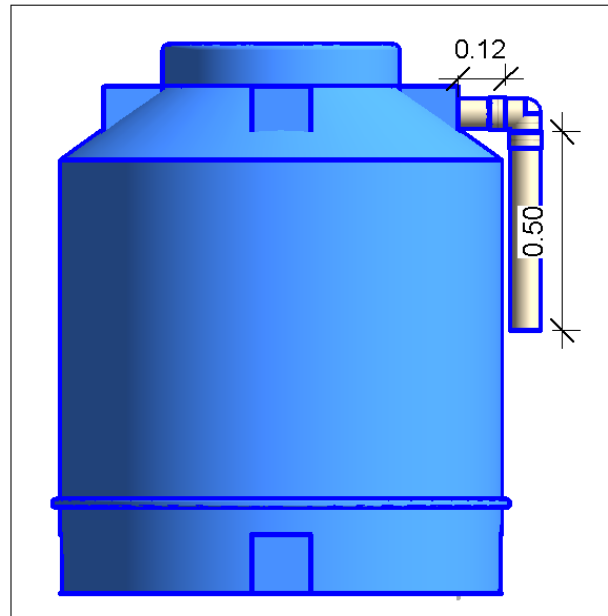


Ilustración 72. - Instalación tubería de rebose/ventilación en tanque inferior

Posicionamiento del tanque:

El tanque deberá situarse al fondo del cuarto donde se encontrará la maquinaria, en el extremo izquierdo, como se muestra en el plano. Para esto la tubería de desagüe debe estar alineada con la tubería de ventilación-rebose que fue instalada en el tanque previamente.

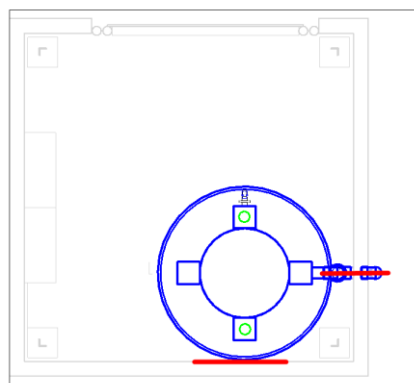


Ilustración 73. - Instalación tanque inferior

Se debe de alinear la tubería de rebose con el desagüe previamente instalado.

Instalación de tuberías

Para el uso correcto de las tuberías y sus accesorios primero se deberá preparar la superficie, comprobando el ajuste de estos cuando se encuentren completamente secos, tanto en espiga como en campana, de manera que si la unión es demasiado apretada se podrá lijar ligeramente los extremos externos en el caso de la tubería, e interno en caso de la campana.



Ilustración 74. - Preparación tubería de PVC pegable

Posterior al lijado se aplicará un limpiador de PVC (o acondicionador), y después de este el pegamento para la soldadura, en este caso cemento para PVC con la brocha que se encuentra incluida en la tapa del pegamento, este será colocado de manera rápida en las mismas partes lijadas como correspondientes al acople.



Ilustración 75. -Limpieza de tubería de PVC pegable

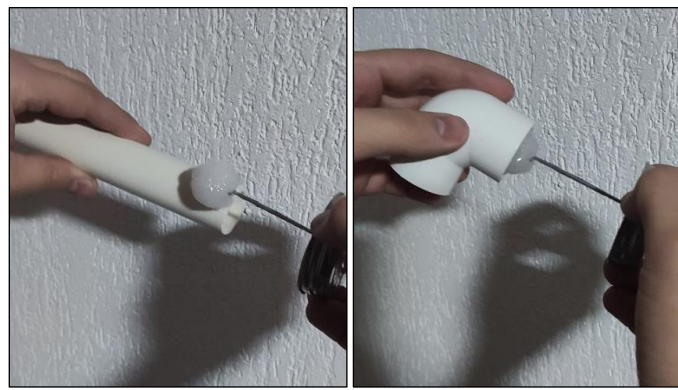


Ilustración 76. - Colocación de pegamento en tubería de PVC pegable

Finalmente se juntan las piezas correspondientes (espigo-campana), se realiza un giro de $\frac{1}{4}$ de vuelta, y se limpia el exceso de pegamento.



Ilustración 77. - Unión de tubería de PVC pegable

Tuberías bajo piso:

Para la colocación de la primera sección de tuberías se partirá desde el adaptador del tanque inferior (cilíndrico vertical-tipo botella), por lo que, se colocará una unión macho que se enroscará en el adaptador, el cual deberá envolverse con teflón previamente para que selle la junta entre ambos adaptadores. Luego se colocará una unión universal, la cual facilitará el desmontaje del tanque.

Se deberán realizar pequeños cortes en la losa con ayuda de una amoladora, para colocar la tubería bajo el nivel del piso, o a su vez, durante la fundición de la losa se podrán dejar canales como guía que faciliten este proceso, encofrando la losa considerando estos canales guía.

Finalmente se colocarán las tuberías de succión de 1/4" dirigidas hacia las bombas con su respectiva válvula de corte (42mm pegable), tal como se muestra en la imagen.

Para mayor detalle, consultar los planos.

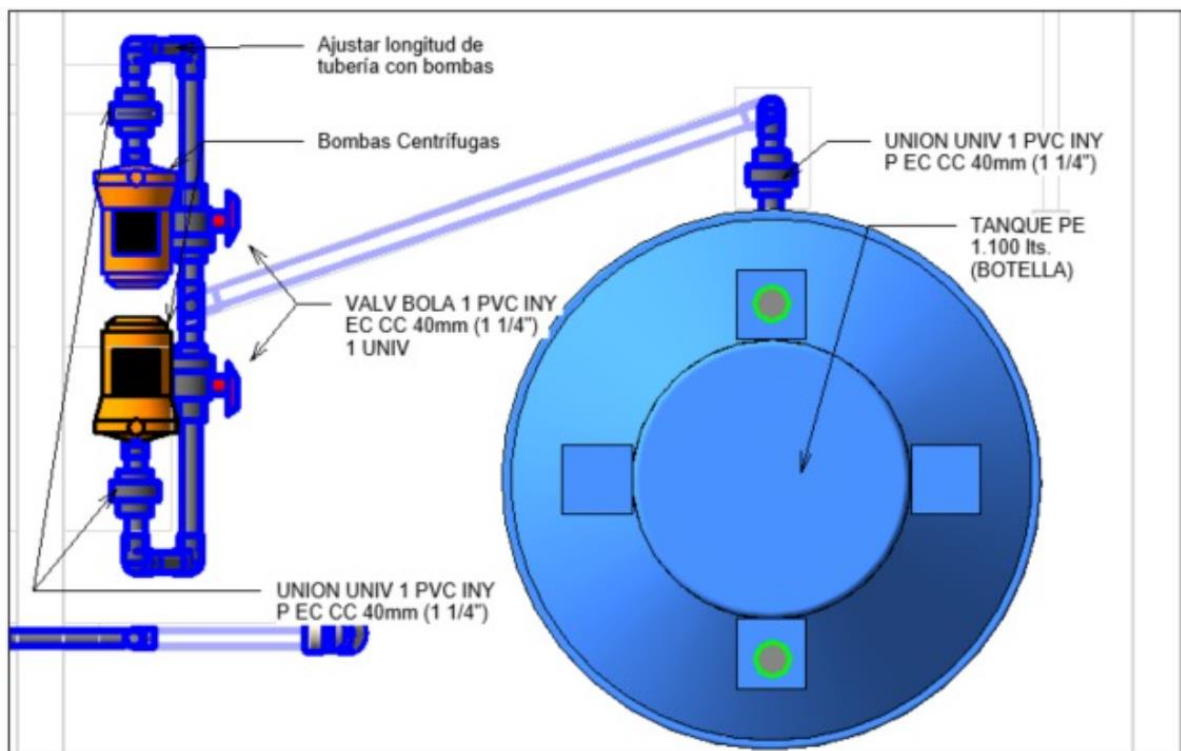


Ilustración 78. - Vista en planta componentes SCALL

Tuberías de bombas, filtro y clorador:

Se empezará por la línea de impulsión, por la cual se construirá un baipás por medio de la colocación de una Tee. En ambos lados se colocará una válvula para el cierre y paso de agua hacia una u otra bomba, debido a que se recomienda el uso de dos bombas, como solución en caso de averías en la bomba principal. Antes de instalar la bomba se deberá colocar una unión universal para el fácil desmontaje de esta, tanto en la succión como en la salida de la bomba. En la salida también serán colocadas válvulas de cierre para el funcionamiento de 1 ¼” en la succión y otro de 1” en la impulsión por lo que se deberá tener en consideración este factor. Se pueden usar otro tipo de bombas similares, pero se deberá lograr un tiempo de llenado rápido del tanque para poder almacenar el agua en los dos depósitos. La tubería de la parte izquierda es una sección considerada únicamente para facilitar el cebado de las bombas la cual consiste en un codo a 45°, seguido de una pequeña sección de tubería de 10cm aproximadamente, en la cual se coloca un adaptador hembra y un tapón que puede ser retirado en el momento que sea necesario el cebado de las bombas, llenando de agua por medio de esta tubería a las bombas.

Continuando con la línea de impulsión se colocará una unión universal, un filtro de discos y posterior a esto un filtro de polipropileno plisado de 10 x 2,5” el cual tiene una capacidad de filtrado de 5 a 10 micras, lo cual permitirá una mejor cloración del agua al tener una menor cantidad de sólidos suspendidos; después se colocará un clorador en línea con sus respectivas reducciones y universales. Seguido del clorador una Tee que conducirá el agua de manera bidireccional, hacia el tanque superior o que servirá para el vaciado de los tanques. Para la tubería dirigida hacia el tanque superior se colocará una válvula antirretorno, seguida de una válvula para el cierre del paso de agua. En la tubería para el vaciado de agua, también se colocarán válvulas para el cierre o paso de agua, así como también para redirigirla y poder vaciar los tanques.

En resumidas cuentas, se tiene una válvula que corta el paso hacia el tanque superior, otra que corta el paso hacia el vaciado, y otras que cortan el paso hacia el vaciado de la manguera o el vaciado que infiltra el agua en el suelo. El sistema se muestra a continuación.

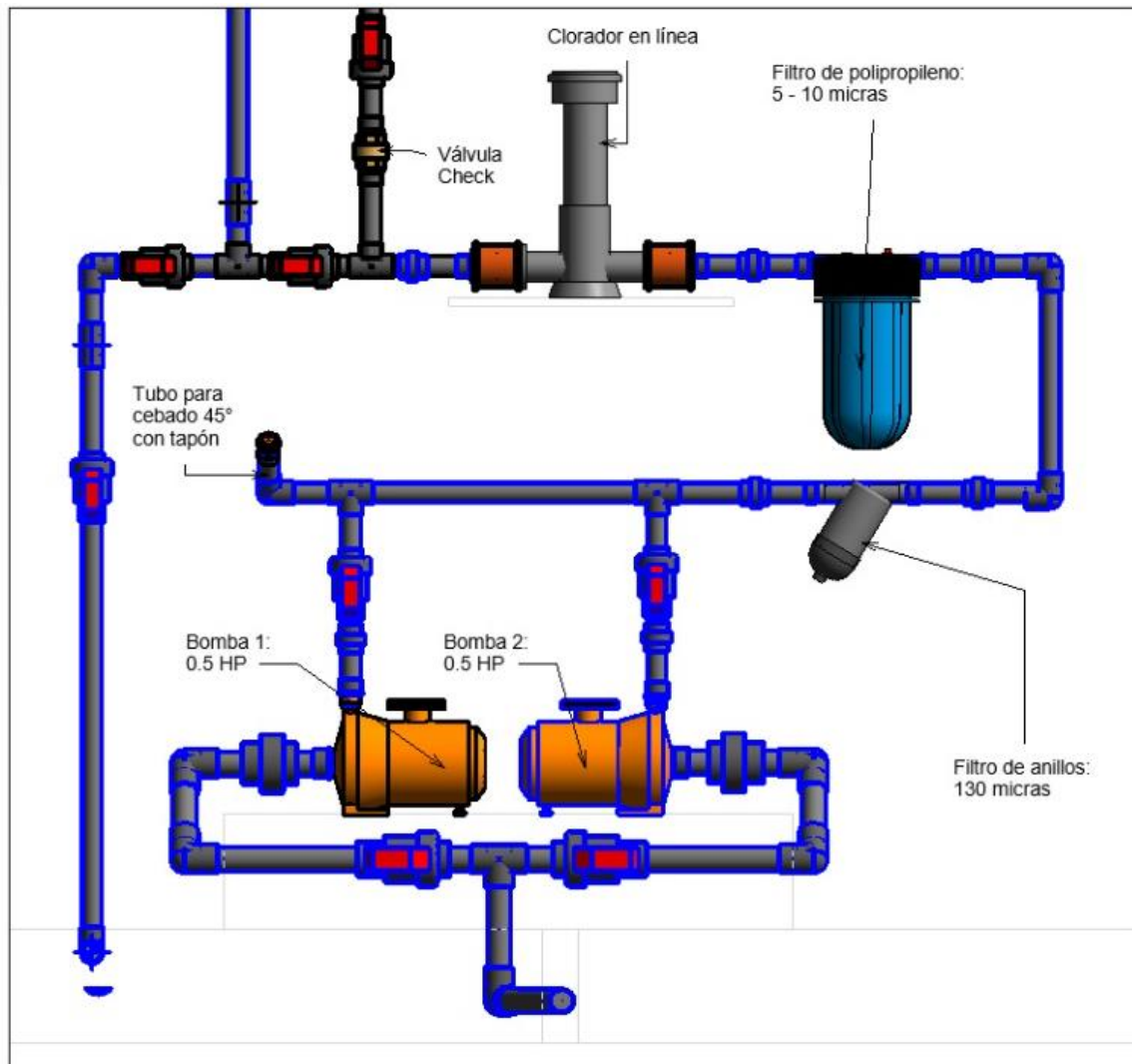


Ilustración 79. -Componentes SCALL

Es importante aclarar que el clorador, el filtro y la válvula antirretorno requerirán de adaptadores macho para su instalación y del uso de teflón.

Luego de instalar esta tubería en la parte inferior de la torre, se instalará una tubería que conducirá directamente hacia el tanque superior que ayudará a mantener la presión, por lo que el tanque superior deberá haber sido instalado previamente.

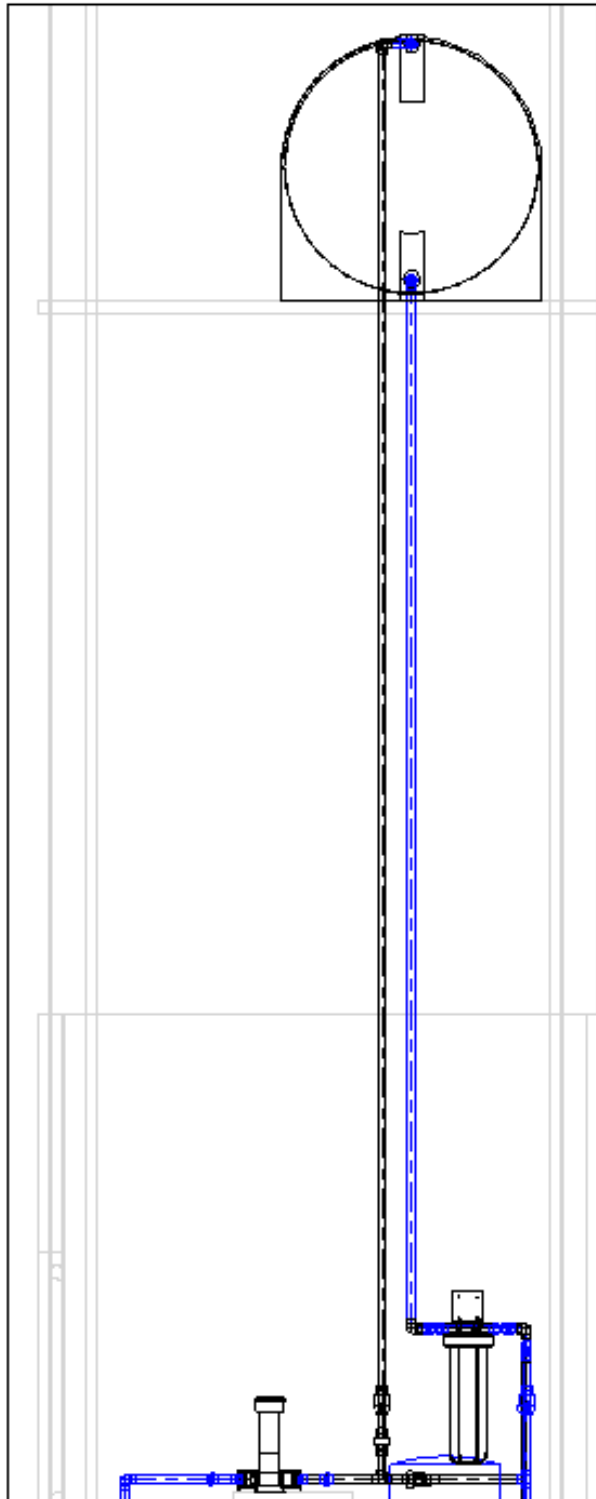


Ilustración 80. - Instalación tubería hacia tanque superior

Instalación de tanque cilíndrico horizontal (tipo chanchito) para almacenamiento de agua:

Para la instalación de este tanque primero se deberá realizar dos perforaciones, una en la cara plana superior y otra en la cara plana inferior del tanque como se muestra en la imagen, ambas en la parte frontal del tanque, mediante un sacabocados de 34mm. Las cuales servirán para la entrada y salida de agua del tanque respectivamente.

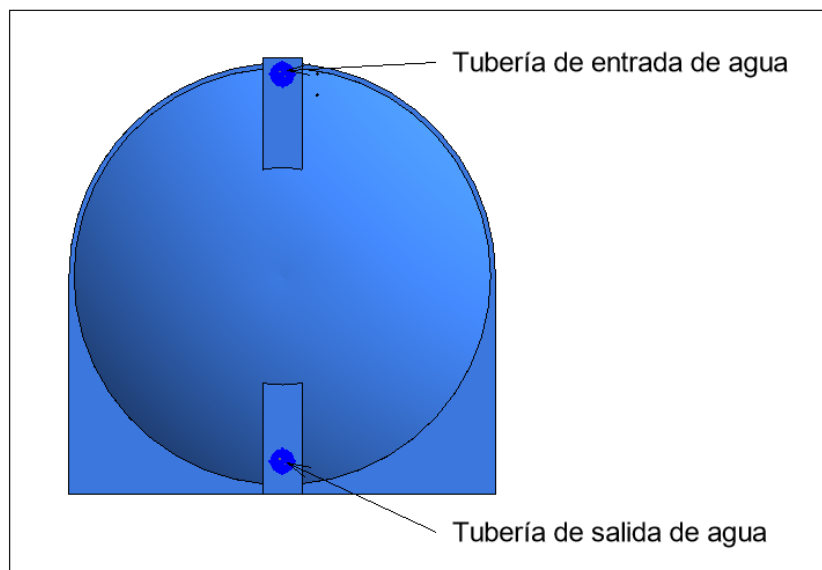


Ilustración 81. - Orificios para ingreso y salida de agua en tanque elevado

Posteriormente se realizarán dos orificios en la cara superior horizontal del tanque; el primero deberá realizarse con un sacabocados para una tubería de $\frac{3}{4}$ "", que servirá para la ventilación del tanque, para esta ventilación se utilizarán los kits que vienen incluidos, por lo cual, se instalará un adaptador de manera similar al tanque inferior, y la ventilación se elaborará mediante el uso de dos codos y un neplo, al final del codo se adecuará una malla, sujeta con una abrazadera y de esta manera evitar el ingreso de mosquitos.

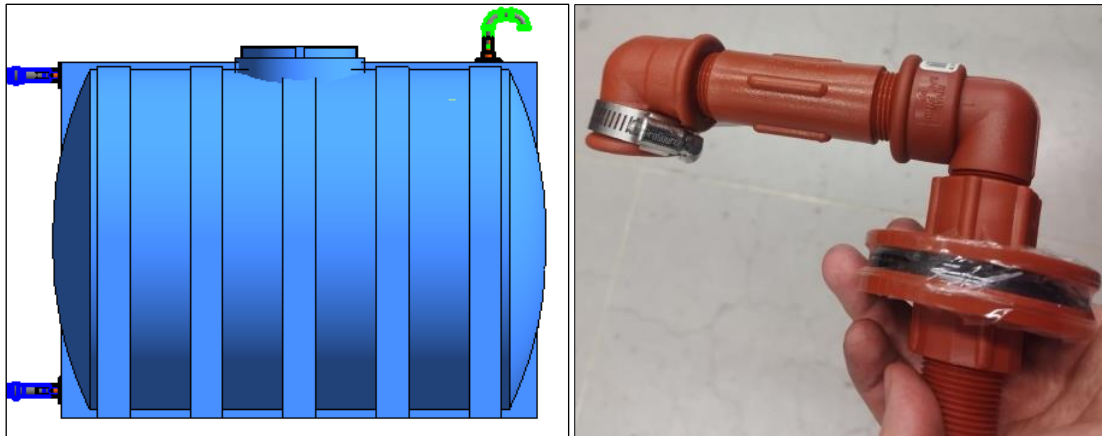


Ilustración 82. - Tubería de ventilación en tanque elevado

Luego se realizará otra perforación cercana al orificio de ventilación mediante el uso de una broca 3/8" (9,5mm), y cercano a este orificio se colocará un guarda cable para sujetar firmemente el electro nivel que se añadirá posteriormente.

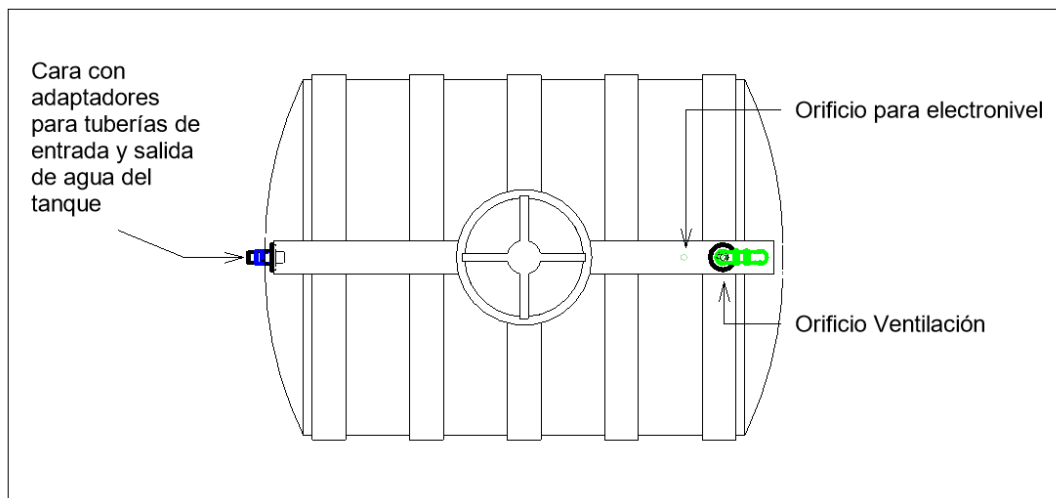


Ilustración 83. - Vista en planta del tanque elevado y orificios

Finalmente, el tanque se elevará hacia la plataforma superior con la ayuda de sogas de manera cuidadosa y tomando todas las precauciones necesarias para evitar accidentes. Una vez colocado el tanque superior se deberá colocar malla alrededor del mismo como protección ante el viento, al igual que se deberá sujetarlo con la misma o en la plataforma, de manera que quede fijo adecuadamente.

Conexión de tuberías inferiores con el tanque:

Una vez posicionados correctamente los tanques, se finalizará la conexión del tanque superior conectando las tuberías de entrada y salida, mediante el uso de adaptadores macho y universales, acoplando los adaptadores de tanque con estos elementos y las tuberías que fueron previamente instaladas. Finalmente se dará por terminada la instalación de tubería hidráulica de presión en la torre, al colocar una tubería con su respectiva válvula para el cierre y paso de agua hacia las instalaciones.

Desviadores de primeras aguas:

Para el desviador de primeras aguas, el primer paso es limpiar el techo de manera adecuada para eliminar la mayor parte de suciedad acumulada en esta superficie, también se deberá verificar que el techo se encuentre en óptimas condiciones, es decir, que este no presente goteras ni fisuras que causen fugas de agua que podría ser captada por el sistema. Una vez limpio e inspeccionado el techo, se deberá verificar el estado de las canaletas, comprobar que la pendiente sea adecuada (1 - 4%) dentro de las condiciones permitidas por la instalación y del terreno para conducir el agua desde las canaletas hacia el tanque inferior. Comprobado que estos componentes se encuentran en buen estado, se puede proceder a la instalación del desviador de primeras aguas.

Con este dispositivo se tratará de retener la mayor cantidad de partículas grandes como hojas, ramas u otros elementos contaminantes de gran tamaño que puedan ingresar y saturar el sistema de filtrado, así como dar una limpieza al techo que favorezca la buena calidad del agua.

Este dispositivo constará de una rejilla tipo campana/cúpula que se encontrará en el desfogue de la canaleta (lugar donde se encontraba previamente el bajante del techo), esta rejilla constará además de otra rejilla interna que funcionará como un segundo filtro para partículas de gran tamaño, como se muestra en la siguiente figura.



Ilustración 84. - Rejilla del desviador de primeras aguas (tipo cúpula - campana)

Puede notarse que esta segunda rejilla es una protección común para el sistema de desagüe de los lavabos de cocina, por lo que es muy económica y fácil de conseguir, con ambas rejillas se logra tamizar evitando estrés posterior en los filtros que se colocarán luego del tanque, además brindan la ventaja de que, al remover la rejilla tipo cúpula, facilitan la limpieza del sistema y que ambas rejillas son removibles.

La rejilla tipo cúpula se ubicará dentro de una unión, la cual se conectará a una Tee, ambas de 110mm, dirigiendo el paso de agua primero hacia el desviador y posteriormente hacia el tanque de almacenamiento una vez lleno el desviador. Esta Tee deberá tener una reducción de 75mm o a su vez puede ser una Tee normal a la que se le incluya esta reducción adicional para la conducción del agua hacia el tanque de almacenamiento inferior. Dentro de la misma Tee, se recomienda colocar una malla mosquitera que ayudará como tercer filtro inicial para la retención de partículas sólidas de gran tamaño.

El desviador se construirá como se muestra a continuación empleados Tee's, codos, tuberías y un adaptador de limpieza que se abrirá luego de cada lluvia para evacuar el agua contaminada con el primer lavado del techo.

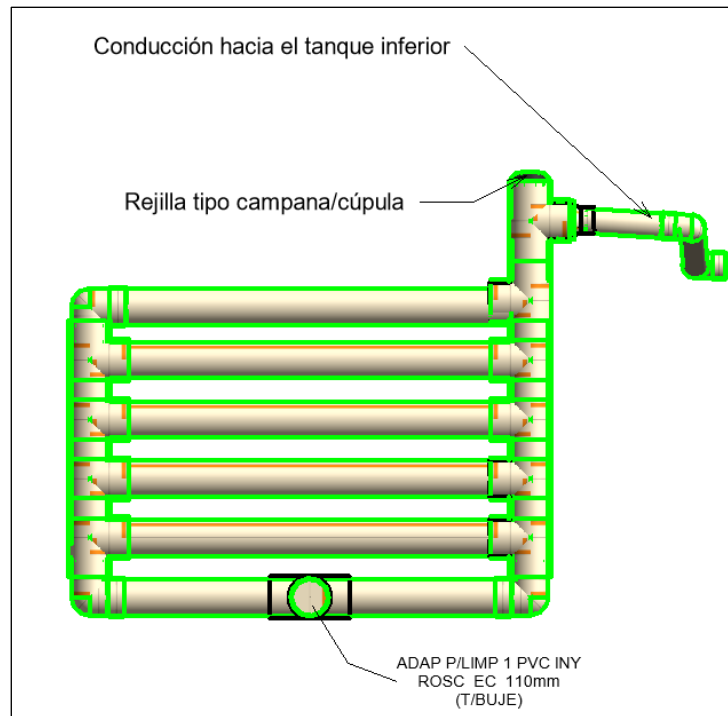


Ilustración 85 . - Desviador de primeras aguas

Ya que la mayoría de las escuelas poseen techos a dos aguas, este desviador deberá ser colocado en ambos lados de las paredes de la institución en forma perpendicular a la línea de conducción hacia el tanque inferior.

Las líneas de conducción deberán ser de 75mm por lo cual se requiere la reducción previamente mencionada y deberán dirigirse hacia el tanque inferior con una pendiente de al menos 1%. A continuación, se muestra una conexión recomendada para estas tuberías:

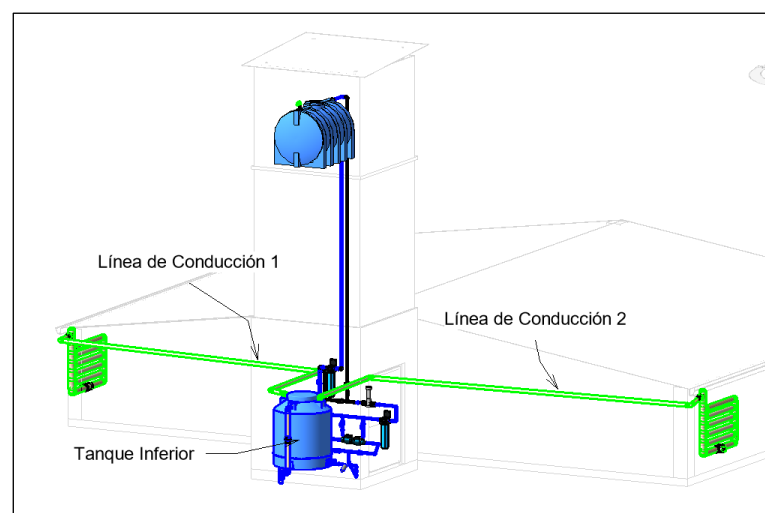


Ilustración 86. - Vista 3D del SCALL

Estas tuberías se acoplarán finalmente hacia los orificios previamente realizados en el tanque inferior. En caso de que estos orificios hubieran quedado con albura se recomienda utilizar silicona para evitar el ingreso de algún vector o la contaminación del agua en el tanque.

Tubería de Infiltración de Agua en el Suelo:

Un drenaje de aguas lluvias se realiza primero observando los planos del lugar para verificar el lugar óptimo y evitar causar daños a las instalaciones

La tubería de drenaje de agua se instalará previo a la construcción de la torre, luego de la limpieza y desbroce en el terreno.

Primero se deberá cavar una zanja, la cual deberá tener una profundidad mínima de 75 cm desde el nivel del suelo (45cm desde la base de la losa) y un ancho de 20cm, la pendiente será de aproximadamente 1cm por cada metro de largo, de esta manera se direcciona el agua adecuadamente. Después de realizar las mediciones y excavaciones necesarias, se forra la zanja con malla Raschel o malla Kiwi para proteger la tierra y mantener la humedad necesaria, por lo que al colocar la malla se dejará un excedente por fuera para cubrir posteriormente; se incorpora gravilla, formando una capa medianamente gruesa (10cm) en la cual en un extremo se ubicará el resumidero, en este se adecuarán los tubos de PVC de 75 mm de diámetro, para lo cual se necesita la ayuda de codos para poder amar el conducto. En los tubos se deberán realizar tres columnas de perforaciones con una separación de 10cm entre cada perforación; una vez posicionada la tubería de drenaje se deberá volver a tapar con gravilla hasta cubrir los tubos de PVC y posterior a esto se cubre con el excedente de malla que resta, aislando el sistema y evitando la formación de barro. Finalmente se rellenará la zanja con tierra.

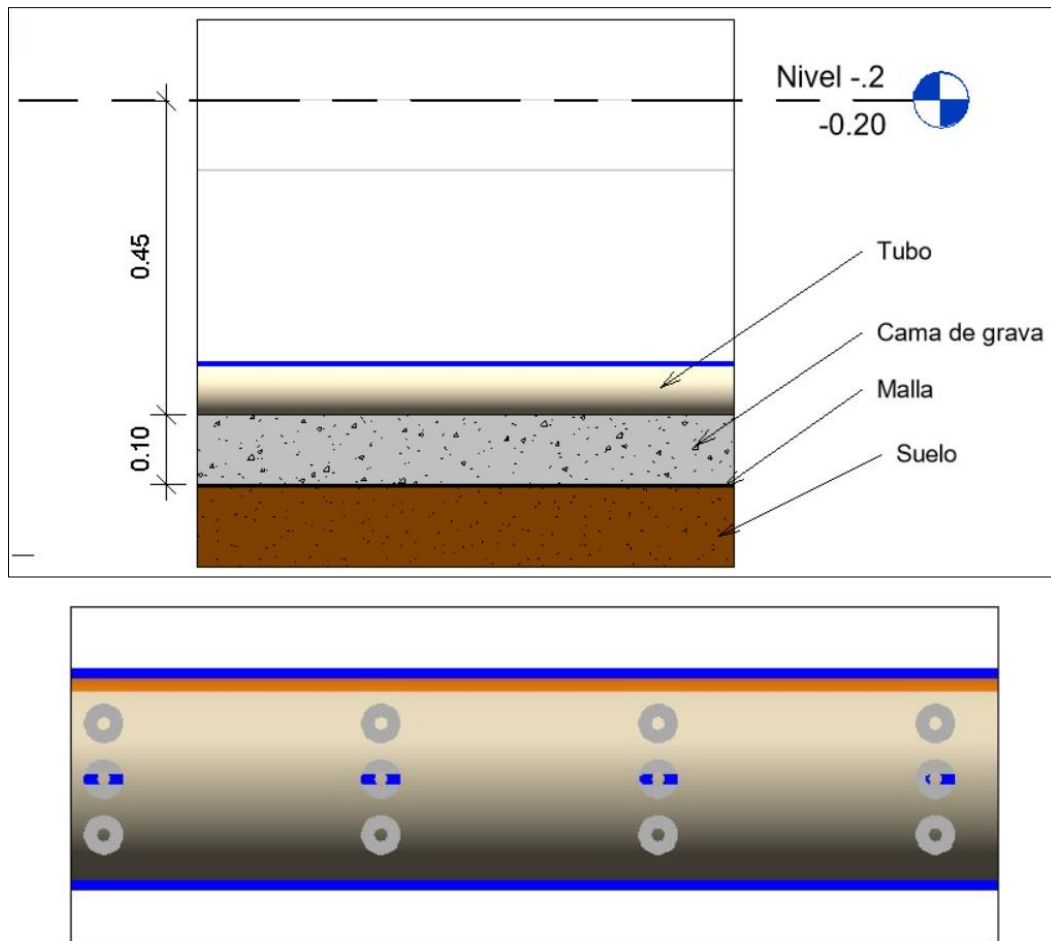


Ilustración 87. - Colocación de tubería de drenaje y perforaciones en tubos

Instalación eléctrica de bomba de agua centrífuga:

Para la instalación eléctrica de la bomba de agua centrífuga, son necesarios dos electroniveles los cuales se encargarán de monitorear constantemente los niveles de agua de los tanques. El circuito empieza desde el tanque superior con el primer electronivel que detecta si este tanque tiene agua; en caso de encontrarse lleno, el electronivel no enviará corriente hacia la bomba, y esta corriente será dirigida hacia un led de color verde, este se encenderá indicando que el tanque se encuentra lleno. En caso de que el tanque se encuentre vacío, el flotador cambiará su posición y dirigirá la corriente hacia el otro flotador (en el tanque inferior) el cual también medirá el nivel del agua, por lo tanto, de encontrarse vacío el tanque inferior, este electronivel no enviará la corriente a la bomba para que esta no trabaje en seco. Si el tanque inferior estuviese lleno o ya contase con la cantidad de agua suficiente, el flotador enviará la corriente hacia el motor de manera automática.

En la siguiente imagen se muestra el esquema de este circuito y el tablero de control que se planea construir, el cual da información acerca de los niveles de agua en los tanques y el estado de funcionamiento de las bombas. Se puede observar que se añade un conmutador, el cual simplemente hará que trabaje la bomba 1 o la bomba 2.

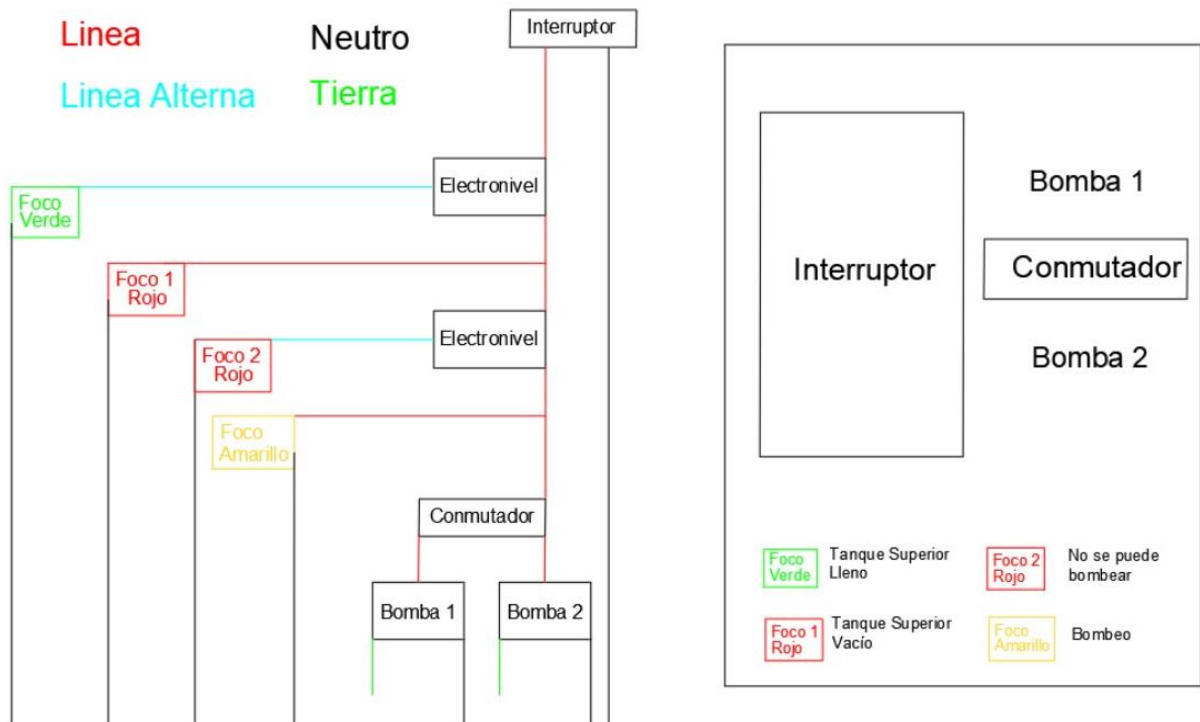


Ilustración 88. - Lógica del control de bombas y tablero

La bomba es de 0.5 HP y monofásica, por lo tanto, no requiere de un circuito complejo para trabajar, sin embargo, en el plano eléctrico del anexo se puede observar componentes adicionales que se recomiendan para proteger a la bomba y a los operarios, como un disyuntor diferencial y un guardamotor, que evitarán descargas de electricidad residual y a que se quemara la bomba debido a un sobre amperaje.

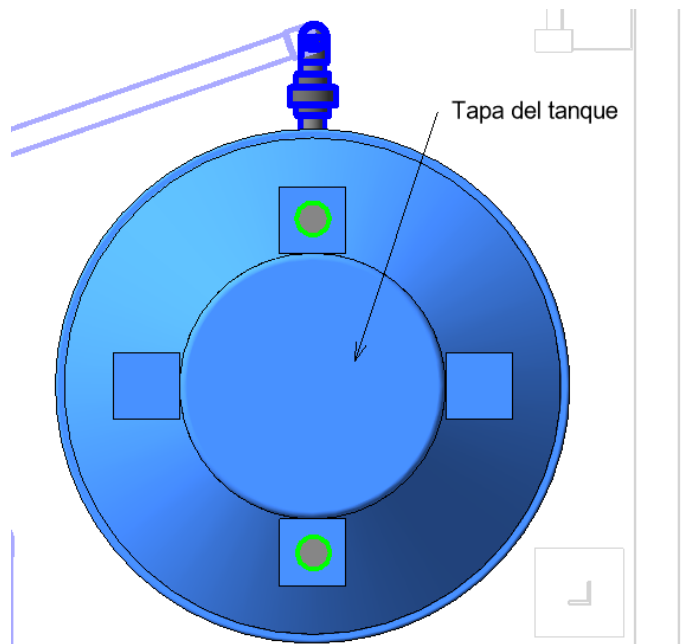
5.13 Manual de operación y mantenimiento

Limitaciones

La cantidad de agua captada depende directamente del volumen de lluvia que cae en cada lugar. En sitios con menos de 400 mm de precipitación media anual, la captación no tendrá resultados significativos

- En muchas regiones del Ecuador, la lluvia es estacional, con meses del año lluviosos y otros secos, por lo que la captación no sirve como fuente única y se limitará a brindar agua durante la temporada lluviosa. Para abastecimientos en épocas secas se abastecerá al sistema mediante tanqueros retirando la tapa del tanque inferior y abasteciéndolo de agua.

Ilustración 89. - Tanque inferior y tapa para llenado de agua por tanqueros



Se deberá realizar este proceso mientras la bomba llena el tanque superior. Una vez lleno el tanque superior (se puede ver comprobando el sensor del tablero del control) se continuará llenando de agua el tanque inferior hasta que se llene lo cual dejará abastecida de agua a la escuela durante estas épocas.

CONCEPTOS BÁSICOS EN SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE LLUVIA

1. Superficie de captación

La superficie de captación es el área, generalmente un techo o cubierta, sobre la que cae y escurre el agua de lluvia que se desea aprovechar. El tamaño de la superficie de captación, junto con la cantidad de agua que cae, determinan la cantidad de líquido que se puede captar. El material y limpieza de esta superficie es fundamental para determinar la calidad del agua cosechada. Una superficie sucia o fabricada con materiales que desprendan algún elemento tóxico o suciedad resultará en una mala calidad del agua cosechada.

2. Centralización y distribución

Para llevar el agua desde la superficie de captación a las etapas de pretratamiento y almacenamiento se requieren canaletas, tubos y otros elementos de conducción.

La idea es conducir el agua desde el techo o techos y juntarla en un solo Bajante de Agua Pluvial (bap) dirigido hacia el almacenamiento y demás componentes.

3. Desvío general a drenaje

Es absolutamente necesario que el sistema de cosecha de lluvia tenga algún mecanismo para desviar la totalidad del agua que viene del techo hacia el drenaje, la calle o algún otro sitio de desfogue, en caso de que sea necesario.

4. Pretratamiento

El pretratamiento se refiere a los procesos de limpieza del agua que ocurren en el trayecto entre el techo y el almacenamiento pluvial o incluso dentro del almacenamiento mismo, previo a la extracción, filtración y tratamiento final del agua.

4.1 Separación de contaminación de primeras lluvias

Son dispositivos que desvían los primeros minutos de cada aguacero para que esa agua no llegue al almacenamiento. Este dispositivo es el desviador de primeras aguas que se elaboró a partir de tubos y accesorios de PVC.

4.2 Prefiltración

Se requiere algún tipo de filtro, cedazo o criba previo al almacenamiento para evitar que ingresen hojas, ramas, u otros elementos que puedan generar algún bloqueo. Este sistema se compone de la rejilla tipo campana/cúpula que se colocó en la canaleta y de la rejilla que se encuentra en la válvula de pie del sistema.

4.3 Sedimentación/Asentamiento

Si se almacena el agua en un contenedor de tal forma que permanezca en reposo durante por lo menos algunas horas, la tierra y los materiales pesados tienden a precipitarse y a acumularse en el fondo, este proceso es conocido como “sedimentación”. Si posteriormente se extrae el agua de la parte superior del contenedor, se podrá separar y dejar atrás gran cantidad de elementos nosotros deseables. Esto se realiza con el tanque inferior en el caso de que no se requiera bombeo y el tanque superior se encuentre lleno, debido a que el agua se bombea hacia el tanque superior solo cuando este lo requiere. Pero también se tiene como apoyo a un filtro de 10 micras de polipropileno en el sistema que retiene partículas más pequeñas y las sedimenta.

5. Almacenamiento

El almacenamiento de un SCALL puede realizarse en cisternas, aljibes, tanques de plástico, tambos o cualquier tipo de contenedor seguro para guardar agua. En este caso se realiza mediante el uso de dos tanques, uno inferior y otro superior.

6. El Bombeo

En algunos casos, especialmente en medios rurales, un SCALL se diseñará de forma que no requiera electricidad y la extracción del agua sea por gravedad o bombeo manual. En zonas urbanas, sin embargo, la mayoría de los SCALL pueden integrar una bomba para sacar el agua del almacenamiento. En este caso se usan bombas en un entorno rural pero no se depende siempre de ellas únicamente cuando se requiere bombear agua desde el tanque inferior hacia el tanque superior. En caso de que haya cortes de electricidad se puede bombear agua desde el tanque inferior con una motobomba, e incluso si se llenó el tanque superior previo al corte eléctrico se tiene agua que puede emplearse en las instalaciones de las instituciones educativas fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador.

7. Filtración y tratamiento

Los filtros se utilizan en la etapa de tratamiento final y de seguridad, colocados para disminuir el riesgo de que persistan contaminantes después del pretratamiento y almacenamiento. Por esto el sistema se compone de un filtro de discos/anillos de 125 micras y luego de otro filtro de polipropileno de 10 micras que brindan una mejor calidad al agua al retirarle las impurezas y darle mayor transparencia. Esto es importante también para el proceso de cloración que deberá de realizarse posteriormente para potabilizar el agua.

8. Desinfección

El mayor riesgo para la salud que puede haber en el agua de lluvia captada es microbiológico, es decir, por la presencia de bacterias u otros organismos que afectan a los humanos. En este caso el mayor elemento patógeno serían las bacterias presentes en las heces de aves o animales que se encuentren en el techo. Por esto también es importante una limpieza periódica. Quitando este factor el agua de lluvia es de excelente calidad y en su estado puro no contiene patógenos, estos solo se transmiten al agua cuando esta entra en contacto con el techo que se encuentre contaminado.

Mantenimiento General

- ✓ Verificar constantemente que la superficie de captación (techo) se encuentre limpia, para lo cual se debe revisar cada semana que no exista un gran contenido de suciedad, contaminantes u objetos que impidan el correcto paso y filtración del agua y realizar una limpieza periódica cada mes.
- ✓ Revisar el primer filtro (rejilla) cada semana, verificando que esta no se encuentre taponada, en caso de encontrarse con suciedad, ramas, etc. que impidan el paso de agua, es necesario limpiar constantemente.
- ✓ Evacuar el agua de desviadores después de cada lluvia y comprobar que no se encuentren tamponados.
- ✓ Limpiar el filtro de discos de manera óptima una vez por semana, para lo cual es necesario retirarlo y lavar los discos.
- ✓ Revisar el filtro de polipropileno cada dos meses, verificando que se encuentre en óptimas condiciones, en caso de encontrarse saturado (aproximadamente a los 6 meses) es necesario realizar el cambio del cartucho, removiendo la parte inferior de la rosca, retirar el cartucho, colocar el nuevo y volver a colocar.
- ✓ Para el clorador se deberá realizar un registro a partir de la colocación de las pastillas, en el cual se registrará diariamente durante el primer mes, por al menos una vez al día, mediante este registro se podrá tener el conocimiento de la vida útil de las pastillas para poder realizar el cambio oportuno de las mismas de acuerdo con el consumo registrado de estas con el uso del sistema.
- ✓ Para realizar el mantenimiento del sistema es necesario cerrar las válvulas de paso para proceder a retirar los componentes.
- ✓ En caso del filtro, se cierran las válvulas inferiores y las válvulas que se encuentran en la salida de las bombas. Para este procedimiento es necesario apagar las bombas, evitando la inundación del cuarto de máquinas.
- ✓ Para realizar la limpieza de los tanques se deben abrir las válvulas para la salida de agua hacia el depósito o hacia el sistema de infiltración en el suelo. En caso de encontrar suciedad en alguno de los tanques, limpiar a profundidad, el proceso de revisión deberá ser mensual, mientras que la limpieza de estos deberá realizarse al menos cada seis meses.
- ✓ Revisar el estado de las mallas cada mes, en caso de presentar oxidación se deberá cambiar la malla inmediatamente.

En caso de afecciones en el sistema:

- El mantenimiento del tanque de almacenamiento consiste en hacer una inspección visual, realizar una limpieza de la suciedad acumulada y reparar las fisuras del tanque, en caso de que tenga.
- Sustituir los canales y bajantes cuando presenten daños como fisuras, picaduras o cualquier daño visible.
- Sustituir las láminas del techo cuando estén oxidadas o picadas. Así se garantizará un sistema libre de contaminantes por óxido.
- Para alargar el tiempo de vida útil el techo se puede pintar con pintura anticorrosiva por lo menos una vez cada dos años.
- Se recomienda contar con un presupuesto de al menos unos 300\$ para los costos de mantenimiento del sistema.

Operación:

Funcionamiento con Agua Lluvia:

El Sistema funcionará de manera automática cuando ocurra la lluvia, ya que las canaletas conducirán al agua que limpia el techo hacia el desviador, luego el agua por efecto de reboce será conducida hacia el sistema de captación. Previo a esto, en la rejilla se recogerá cualquier elemento de gran tamaño que pueda causar contaminación en el agua. Una vez el agua se empieza a acumular en el tanque y llegue a un nivel suficiente para activar la bomba, y en caso de que no se cuente con agua en el tanque superior, la bomba se encenderá automáticamente. De esta manera se transportará el agua desde el tanque inferior hacia el tanque superior, y atravesará los filtros y el clorador para su potabilización. Para esto hay que asegurarnos de lo siguiente, observando la siguiente imagen:

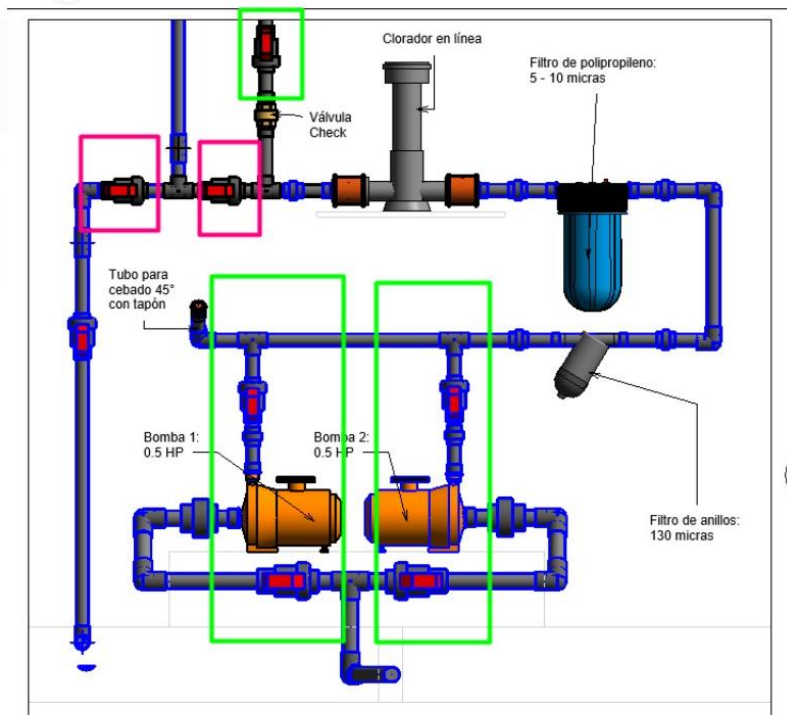


Ilustración 90. - Apertura de válvulas para bombeo de agua hacia tanque superior

Las válvulas marcadas de color verde deben encontrarse abiertas, y las de color rojo deben estar cerradas, de esta manera el agua podrá subir al tanque superior. En el caso de las válvulas de las bombas, no deberán estar abiertas de forma simultánea, puede estar abierta únicamente la válvula de la bomba 1 o solo la válvula de la bomba 2. Cuando se complete el llenado del tanque superior el electronivel cortará automáticamente la electricidad y la bomba dejará de funcionar y de enviar agua hacia el tanque superior. En caso de que la lluvia continúe podrá llegar un punto en el que el tanque inferior se llene, pero no habrá problema en ese caso, ya que el agua será expulsada hacia el drenaje por medio de la tubería de rebose, y de esta manera se infiltrará en el suelo por medio de esta tubería. Así es como se podrán llenar ambos tanques.

Funcionamiento con tanquero:

Para el funcionamiento por medio de tanqueros, se deberá llenar el tanque inferior por medio de la tapa ubicada en el centro hasta que este se encuentre lleno, en caso de que se deseen llenar ambos tanques, se tendrá que esperar un lapso de aproximadamente 20 minutos, hasta que se llene el tanque superior, de forma análoga, se puede continuar llenando el tanque inferior en caso de que el superior esté por llenarse.

Las válvulas que se deberán encontrar abiertas son las mismas que se deben abrir para el funcionamiento del tanque con la lluvia.

Vaciado de los tanques:

En caso de requerir limpiar los tanques por mantenimiento o limpieza del sistema, se deberán cerrar las válvulas que se encuentran marcadas de color rojo y abrir las válvulas que se encuentran marcadas de color verde en la siguiente ilustración:

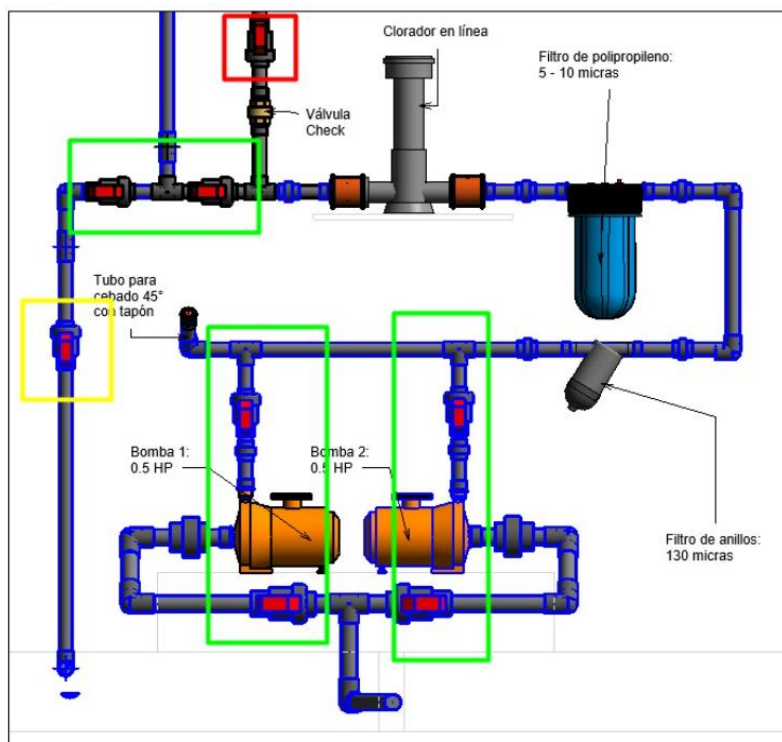


Ilustración 91. - Apertura de bombas para vaciado de tanques 1

En el caso de la válvula marcada de color amarillo, deberá abrirse en caso de que se desee vaciar el agua directamente en el suelo, mientras que las válvulas que se encuentran por fuera de la torre (llave de manguera, válvula de corte de instalaciones sanitarias) se encuentran cerradas. De manera similar se puede cerrar la válvula que va directamente al suelo y la que va hacia las instalaciones sanitarias, dejando abierta la llave de manguera para recolectar el agua en depósitos como baldes o usarla para riego, sin que esta sea desperdiciada.

En la imagen que se muestra a continuación, se presenta la llave de manguera resaltada de color amarillo, y la válvula general de color rojo.

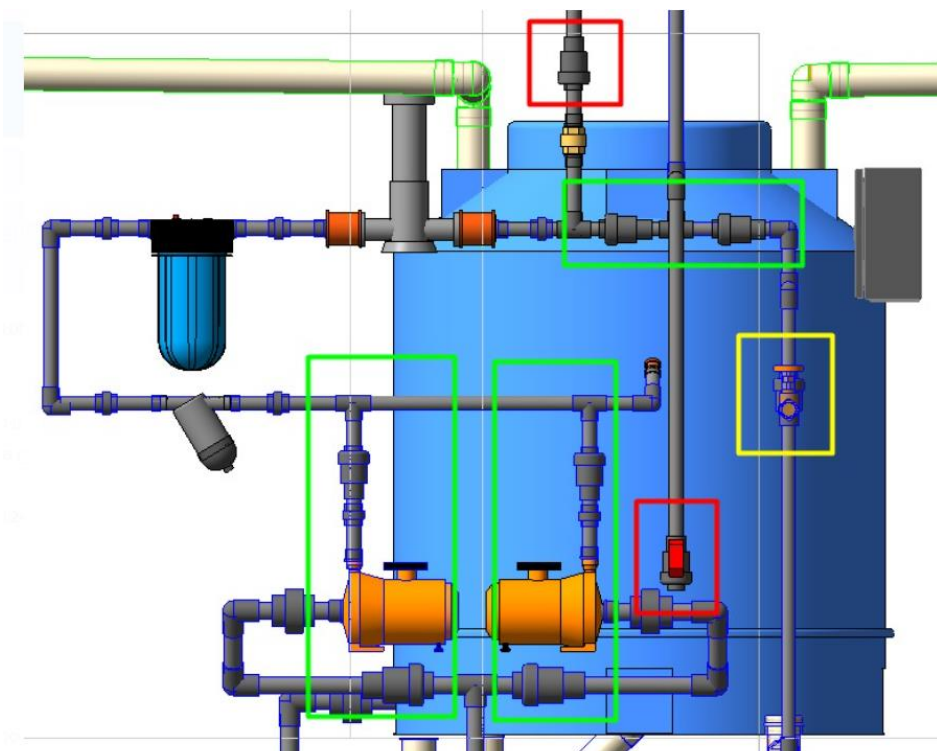


Ilustración 92. - Apertura de bombas para vaciado de tanques 2

En caso de que el tanque superior tenga agua y llegue a vaciarse por completo, la bomba empezará a funcionar y vaciará el tanque inferior en caso de que este se encuentre con agua, de esta manera se logra el vaciado de ambos tanques por una misma tubería. Así la bomba dejará de funcionar cuando llegue a nivel mínimo, y el resto de agua en los tanques deberá vaciarse de forma manual para la limpieza o mantenimiento de estos.

6 CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se realizó el diseño de una unidad de aprovechamiento de aguas lluvias con el objetivo de abastecer de agua segura y mejorar los entornos de aprendizaje en las instituciones fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador. Concluimos que el diseño debe consistir de una estructura metálica (para que sea modular y que se pueda implantar en cualquier institución), en la cual se encuentran dos tanques de almacenamiento de agua que conjuntamente almacenan un volumen total de 2400 litros, considerando servir a una población escolar de 60 personas en promedio contando a estudiantes, docentes y personal administrativo, esta población se determinó a partir de un análisis estadístico mediante datos obtenidos del MINEDUC (2022) en el que se concluyó que aproximadamente 65% de las escuelas fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador presentan esta población o menos. La dotación de agua para las escuelas se consideró de 20 litros por persona por día lo cual representa una demanda de 1200 litros de agua al día para las instituciones, por lo tanto, con los 2400 litros se logra la obtención de una reserva para hasta dos días. Se requieren principalmente de dos tanques, de tal manera, que el tanque inferior funciona como un almacenamiento de paso, mientras que el tanque superior logra mantener una presión suficiente para abastecer a las instalaciones hidrosanitarias de las instituciones; este sistema tiene la capacidad de abastecer de agua a estas instalaciones hasta en un rango de 30 metros de distancia.

En el proceso investigativo a través del diagnóstico WASH, se llegó a establecer que las escuelas fiscales rurales de la Zona 1 del Ecuador, presentan una diferencia marcada entre las pertenecientes a la sierra, que cuentan en su mayoría con un nivel de servicio “básico” de agua, mientras que provincias como Esmeraldas y Sucumbíos cuentan con un sistema WASH ineficiente, por consiguiente, con un nivel “sin servicio” de agua mayoritariamente. Sin embargo, las dos últimas mencionadas muestran, en proporción, una dependencia del agua lluvia como fuente principal de abastecimiento. En este escenario, las acciones de captación y aprovechamiento de estas aguas adquieren una creciente importancia. Estos volúmenes pueden ser almacenados en la estructura propuesta, de tal manera que pueda ser utilizada posteriormente, bajo condiciones de déficit de lluvias.

Concluimos que las variables más importantes a considerar para implementar este sistema son la población, las precipitaciones y el costo. Se determinó que en la mayoría de los cantones de las provincias de la Zona 1 se cuenta con la cantidad suficiente de precipitaciones como para abastecer a una población de 60 personas en el caso de que se cuente con superficies de captación mayores a los 300m², mientras que, si se quiere llenar ambos tanques, se requiere que las zonas cuenten con lluvias de duraciones entre 15 a 30 minutos para lograr captar un volumen de 2400 litros. Por lo que un factor importante para implementarlo es que en las zonas en donde se encuentren las instituciones se deben presentar precipitaciones frecuentes y de larga duración. Es por esto que en cantones como: Cotacachi, Urcuquí, Ibarra, Mira, Espejo y Bolívar es muy probable que no se pueda implementar este sistema debido a que la intensidad de sus precipitaciones es muy baja. Finalmente, en cuanto al costo, concluimos que el precio de la estructura resulta ser importante debido a que se la diseñó considerando el riesgo sísmico de la provincia de Esmeraldas, factor que encarece la estructura debido a que en el análisis se amplifica el efecto sísmico y el cortante basal resulta ser aproximadamente un 75% del peso total de la estructura por lo cual se requieren de elementos más robustos para la torre.

De las condiciones pluviométricas para la Zona 1 del Ecuador complementando la información de las curvas IDF con el mapa de isoyetas presentado en la Ilustración 59. - Mapa de Isoyetas de Ecuador, se puede concluir que las provincias de Esmeraldas (excepto su parte suroeste) y Sucumbíos son las que cuentan con zonas de mayor precipitación, con intensidades mayores a los 120 mm/h en un tiempo de concentración de 5 minutos, para un periodo de retorno de dos años, lo que quiere decir que dentro de todo el año existe un 50% de probabilidad de que se den estas lluvias, y por lo tanto son provincias en las que potencialmente se puede implementar un SCALL, ya que incluso son las que tienen mayores problemas de abastecimiento y continuidad de agua, como de higiene comparando las provincias de la Zona 1. Mientras que las provincias de Imbabura y Carchi en sus cantones: Cotacachi, Urcuquí e Ibarra; & Mira, Espejo y Bolívar, respectivamente, no es viable implementar uno de estos sistemas debido a que la estación meteorológica más cercana a estos cantones, la de Cahuasqui (M0107), presenta registros de intensidades muy bajas de precipitación lo cual requiere de superficies de captación demasiado grandes. Es así como se puede concluir que las condiciones pluviométricas de diseño para la Zona 1 del Ecuador son ideales, excepto en la parte central de esta zona (la sierra), en donde se encuentra un área con precipitaciones mucho más bajas.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda considerar otras alternativas para las bombas que se implementarán en el sistema ya que actualmente se encuentran bombas de corriente continua que funcionan mediante energía solar lo cual lo vuelve aún más sustentable. La principal desventaja es su alto coste debido a la implementación de paneles solares, controladores para el sistema y aún más por el alto coste de las baterías, por lo que actualmente no son una alternativa viable, pero en un futuro si de pronto se abaratan sus costos serían una mejor alternativa ya que mantendrían un funcionamiento ininterrumpido del sistema.

Luego de la implementación del sistema se recomienda realizar un análisis de aguas para determinar la calidad del agua recolectada y tratada, con el objetivo de determinar si con la implementación de todos los componentes como la rejilla, la válvula, los filtros y el clorador, el agua además de ser potable podría ser consumida sin ningún riesgo. Todo esto calibrando el clorador para que la dosificación de cloro sea adecuada para el consumo humano y comprobando así la eficiencia del sistema.

Para reducir costos y tener una implementación más ágil, se recomienda realizar un programa masivo de aprovechamiento de aguas lluvias en escuelas rurales fiscales tal que el costo unitario se reduzca por economías de escala.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Adams, J., Bartram, J., Chartier, Y., & Sims, J. (2010). *Normas sobre agua, saneamiento e higiene para escuelas en contextos de escasos recursos*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- Aparicio Mijares, F. J. (2001). *Fundamentos de hidrología de superficie*. Limusa.
- Belelli, E., & Vázquez, L. (2019). *Captación de agua de lluvia*. Buenos Aires: Ediciones INTA.
- Cámara de la Construcción de Guayaquil. (marzo de 2022). *Revista digital - Construcción y desarrollo*. Obtenido de <https://www.cconstruccion.net>: <https://viewer.joomag.com/revista-ccg-marzo-2022/0750791001652305872>
- Camargo, C., García, C., Duarte, J., & Rincón, A. (2018). *Modelo estadístico para la caracterización y optimización en bombas periféricas*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co>: <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v36n1/2145-9371-inde-36-01-00018.pdf>
- Campbell, D. (1993). Asbestos roofing and safety. *Raindrop 1st series*, 7 & 12.
- Carmona, R. P. (1998). *Desagues*. Escala Fondo Editorial.
- Carmona, R. P. (2015). *Instalaciones hidrosanitarias, de gas y de aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
- Daily, C., & Wilkins, C. (2012). *Basic Components of a Rainwater Storage System*. Tucson, Arizona, Estados Unidos: Colegio de Agricultura y Ciencias de la vida de la Universidad de Arizona.
- DITECNIA. (2020). *Línea complementos [Gráfico]*. Obtenido de <https://www.ditecna.com.ec>: <https://www.ditecna.com.ec/wp-content/uploads/2020/08/PGA-1-Catalogo-Linea-de-Complementos-para-Agricultura-Plastigama.pdf>
- Fujioka, R. (1994). Guidelines and Microbial Standards for Cistern Waters. In: Proceedings of the 6th. Eds. *Bambrah, G.K., Otieno, F.O., Thomas, D.B.*, 393-398.
- Gould, J. (1993). Roof runoff as a diffuse source of metals and aquatic toxicity in stormwater. *Water Science Technology* 28 , 317-322.
- GrowNYC. (2018). *Rain Water Harvesting Guide*. Nueva York, Estados Unidos: GrowNYC. Obtenido de https://www.grownyc.org/files/osg/RainwaterManual_2018_FINAL_HighRes.pdf
- GRUPO EVANS S.A. . (2020). *Bomba residencial de 1/2 HP para bombeo de .* Obtenido de Evans Tienda Oficial, México.: <https://evans.com.mx/bombas-de-superficie/residencial/bomba-domestica-1-2-hp-2hme050.html>

- GRUPO EVANS S.A. (2020). *Cartucho de Polipropileno 5µm*. Obtenido de Evans Tienda Oficial, México.: <https://evans.com.mx/filtros/accesorios/cartucho-de-polipropileno-5-m-pp-10b-5.html>
- Guachamín, W. (2015). *Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación*,. Quito: INAMHI.
- Gutiérrez, A. (2014). Captación de Agua Pluvial una Solución Ancestral. *Periódico digital de divulgación de la Red del Agua UNAM*, 6-11.
- Hidrotec. (2022). *Clorador automático en línea ol302 (residencial) [Fotografía]*. Obtenido de Hidrotec: Albercas y servicios, Guadalajara, México: <https://hidrotecalbercas.com/product/clorador-automatico-en-linea-ol302-residencial/>
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile. (2016). Técnicas de Captación, Acumulación y Aprovechamiento de Aguas Lluvias. *Boletín INIA - N° 321*.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (INEC, 2010). *Censo de Población y Vivienda (CPV)*. Obtenido de Ecuador en Cifras: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/search/Población,+superficie>
- MINEDUC. (2022). *Instituciones Educativas reciben mejoras en baterías sanitarias*. Obtenido de <https://educacion.gob.ec>: <https://educacion.gob.ec/instituciones-educativas-reciben-mejoras-en-baterias-sanitarias/>
- Ministerio de Agua y Medioambiente de Uganda. (2017). *Handbook on Rainwater Harvesting Storage Options*. Obtenido de mwe.go.ug: <https://www.mwe.go.ug/sites/default/files/library/Rain%20Water%20Harvesting%20Handbook.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2011). *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11. Capítulo 16. Norma Hidrosanitaria NHE Agua*. Quito, Ecuador: Convenio MIDUVI - Cámara de la Construcción de Quito.
- Ministerio de Educación. (2020). *Diagnóstico de servicios de agua, saneamiento e higiene (WASH)*.
- Ministerio de Educación. (2021). *Base de datos*. Obtenido de <https://educacion.gob.ec>: <https://educacion.gob.ec/base-de-datos/>
- Ministerio de Educación. (2022). *Estadísticas educativas-Datos Abiertos*. Obtenido de educacion.gob.ec: <https://educacion.gob.ec/datos-abiertos/>
- Ministerio de Educación. (2022). *Mapa nacional de coordinaciones zonales y direcciones distritales*. Obtenido de <https://educacion.gob.ec>: <https://educacion.gob.ec/distritos-educativos/>
- Mora, C. (24 de 01 de 2014). *La regulación del agua en la historia de los pueblos y su identidad cultural*. Obtenido de iagua.es: <https://www.iagua.es/blogs/consuelo-mora/la-regulacion-del-agua-en-la-historia-de-los-pueblos-y-su-identidad-cultural>

- Mosley, L. (Febrero de 2005). *Water Quality of Rainwater Harvesting Systems*. Obtenido de SOPAC Miscellaneous Report 579: <http://www.pacificwater.org/userfiles/file/mr0579.pdf>
- Mott, R. (2015). *Mecánica de Fluidos*. México: Pearson.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (1997a). *Guidelines for drinking-water quality, 2ª ed., Vol. III, Surveillance and control of community supplies*. Ginebra: OMS.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2004b). *Guidelines for drinking-water*. Ginebra: OMS.
- Plastigama. (2019). *Plastigama WAVIN Sanitaria Premium*. Obtenido de <https://www.ditecna.com.ec>: <https://www.ditecna.com.ec/wp-content/uploads/2020/08/PGP-13-Catalogo-Linea-Sanitaria-Premium-Plastigama.pdf>
- Pozo, M. (2019). *Módulo Agua, Saneamiento e Higiene-ENEMDU*. Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).
- Programa Mundial de Alimentos (PMA); Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO); Organización Mundial de la Salud (OMS). (1999). *School feeding handbook*. Roma: PMA.
- Rocha, A. (2007). *Hidráulica de Tuberías y Canales*. Perú: Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de Ingeniería Civil.
- Rodríguez Díaz, H. A. (2005). *Diseños hidráulicos, sanitarios y de gas en edificios*. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Rural Makro. (2022). *Irrigación. filtro de disco de 120 mesh 1" 5m³/h [Fotografía]*. Obtenido de ruralmakro.com.py: <https://ruralmakro.com.py/productos/irr-filtro-de-disco-irritec>
- Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México [Sedema]. (09 de junio de 2022). *agua.org.mx*. Obtenido de Cosechar la lluvia: Manual para instalar un sistema de captación pluvial en tu vivienda (Sedema): <https://agua.org.mx/biblioteca/cosechar-la-lluvia-manual-para-instalar-un-sistema-de-captacion-pluvial-en-tu-vivienda-sedema/>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [Senplades]. (2012). *¿Qué son las zonas, distritos y circuitos?* Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/doc_microplanificacion/Folleto_Que_son_zonas_distritos_y_circuitos.pdf
- Serrano, S. (2014). Aprovechar el Agua de Lluvia. Doble Solución. *Periódico digital de divulgación de la Red del Agua UNAM*, 23-27.
- Sheido, Y. (2021). *Water, Sanitation and Hygiene*. New York: Division of Communication 3 United Nations Plaza.
- Spiegel, R. (1998). *Estadística*. México: McGraw Hill.

- The Cabell Brand Center. (2007). *Virginia Rainwater Harvesting Manual*. Salem, Virginia: The Cabell Brand Center. Obtenido de <https://www.rainharvest.com/more/Virginia-Rainwater-Harvesting-Manual.pdf>
- Ulacia, R. (2014). La Infraestructura Verde como Sistema de Captación de Agua de Lluvia. *Periódico digital de divulgación de la Red del Agua UNAM*, 17-27.
- UNICEF. (2012). *Water, Sanitation and Hygiene*. New York: Division of Communication 3 United Nations Plaza.
- Water Aid. (2019). *Directrices técnicas para la construcción de retretes públicos e institucionales*.
- Yaziz, M., Gunting, H., Sapiari, N., & Ghazali, A. (1989). Variation in rainwater quality from roof catchments. . *Water Research* 23, 761-765.

8 ANEXOS

8.1 Anexo A. Análisis de precios unitarios

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
No:	000				
RUBRO:	Limpieza y desbroce			UNIDAD:	m2
DETALLE:	Preparación previa del terreno donde se va a construir la estructura				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% M.O.					0.05
SUBTOTAL M					0.05
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón	1.000	3.83	3.83	0.1200	0.4596
Albañil	1.000	3.87	3.87	0.1200	0.4644
SUBTOTAL N					0.92
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
	u			0.00	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
	TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)				0.97
	INDIRECTOS Y UTILIDAD				%X
jul-22	COSTO TOTAL DEL RUBRO				0.97
No: 001					
RUBRO:	Replanteo y nivelación			UNIDAD:	m2
DETALLE:	Trazado de ejes referenciales para la implementación de la estructura				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 10% M.O.					0.08
SUBTOTAL M					0.08
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón	1.000	3.830	3.83	0.1000	0.38
Albañil	1.000	3.87	3.87	0.1000	0.39
SUBTOTAL N					0.77
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Estacas	u	2.00	0.32	0.64	
SUBTOTAL O					0.64
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					0.00
	TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)				1.49
	INDIRECTOS Y UTILIDAD				%X
jul-22	COSTO TOTAL DEL RUBRO				1.49

No:	002									
RUBRO:	Excavación manual para plintos, cimientos y zapatas				UNIDAD:	m3				
DETALLE:	Excavación para fundición de losa y vigas de cimentación									
EQUIPOS										
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B		RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Herramienta menor 10% M.O.	Global					0.50				
SUBTOTAL M						0.50				
MANO DE OBRA										
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B		RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Peón	2.000	3.830	7.66		0.6000	4.60				
Albañil	1.000	3.87	3.87		0.6000	2.32				
SUBTOTAL N						6.92				
MATERIALES										
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B		COSTO C=A*B					
SUBTOTAL O						0.00				
TRANSPORTE										
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B		COSTO C=A*B					
SUBTOTAL P						0.00				
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)						7.42				
INDIRECTOS Y UTILIDAD						%X		0.00		
jul-22	COSTO TOTAL DEL RUBRO						7.42			

No:	003									
RUBRO:	Encofrado para cadenas o losa de cimentación				UNIDAD:	m2				
DETALLE:	Incorporación de moldes para contener el hormigón									
EQUIPOS										
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B		RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Tablero de madera	1.30	0.52	0.68		1.0000	0.68				
Herramienta menor 10% M.O.						0.97				
SUBTOTAL M						1.64				
MANO DE OBRA										
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B		RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Peón	1	3.830	3.83		1.2500	4.79				
Carpintero	2	3.87	7.74		1.2500	9.68				
SUBTOTAL N						9.68				
MATERIALES										
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B		COSTO C=A*B					
Desmoldante	global	0.05	1.78		0.09					
Clavos	u	0.00	1.50		0.01					
Alambre galvanizado 14	kg	0.21	2.14		0.46					
SUBTOTAL O						0.46				
TRANSPORTE										
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B		COSTO C=A*B					
SUBTOTAL P						0.00				
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)						11.77				
INDIRECTOS Y UTILIDAD						%X		0.00		
jul-22	COSTO TOTAL DEL RUBRO						11.77			

No:	010								
RUBRO:	Reapuntalado de vigas y losas					UNIDAD:	m2		
DETALLE:	Fijación de losetas y vigas en estructura metálica								
EQUIPOS									
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Puntales	0.08	0.64	0.05	1.0000	0.05				
Viguetas	0.04	0.64	0.03	1.0000	0.03				
Herramienta menor 10% M.O.	1.00	10.00	10.00	0.0100	0.10				
SUBTOTAL M					0.18				
MANO DE OBRA									
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Peón	1.000	3.830	3.83	0.2600	1.00				
Albañil	1.000	3.87	3.87	0.2600	1.01				
SUBTOTAL N					2.00				
MATERIALES									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B					
Alambre galvanizado 140,80	kg	0.01	2.14	0.02					
SUBTOTAL O					0.02				
TRANSPORTE									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B					
SUBTOTAL P					0.00				
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)					2.20				
INDIRECTOS Y UTILIDAD					%X				
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2.20				
jul-22									
EQUIPOS									
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Vibrador					2.00				
Herramienta menor 10% M.O.	Global				0.27				
SUBTOTAL M					2.27				
MANO DE OBRA									
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Inspector de Obra-Categoría V	1.000	4.30	4.30	0.1000	0.43				
Peón-Categoría I	2.000	3.83	7.66	0.1000	0.77				
Albañil-Categoría III	4.000	3.87	15.48	0.1000	1.55				
SUBTOTAL N					2.74				
MATERIALES									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B					
Hormigón f'c=210 kg/cm2	m3	1.10	95.16	104.68					
Plastificante Megamix 350	lt	1.25	2.05	2.56					
Fibra Nylon	kg	0.00	11.51	0.00					
Ensayos Muestras (Compresión Simple) 3 muestras/mixer 7 m3	u	0.00	12.00	0.00					
SUBTOTAL O					107.24				
TRANSPORTE									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B					
SUBTOTAL P					0.00				
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)					112.26				
INDIRECTOS Y UTILIDAD					%X				
COSTO TOTAL DEL RUBRO					112.26				
jul-22									

No:	016				UNIDAD:	m2	
RUBRO:	Ventana corrediza aluminio -vidrio claro (incluye instalación)				UNIDAD:	m2	
DETALLE:	Instalación de ventana para iluminación y ventilación del cuarto de máquina.						
EQUIPOS							
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R		
Herramienta menor 10% M.O.	Global				0.62		
SUBTOTAL M					0.62		
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R		
Peón (Estr. Oc. D2)	1.000	3.83	3.83	0.6250	6.13		
Albañil (Estr. Oc. E2)	1.000	3.87	3.87	0.6250	6.19		
SUBTOTAL N					12.32		
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B			
Ventana corrediza aluminio/vidrio claro	m2	1.00	32.00	32.00			
SUBTOTAL O					32.00		
TRANSPORTE							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B			
SUBTOTAL P					0.00		
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)					44.94		
INDIRECTOS Y UTILIDAD					%X		
COSTO TOTAL DEL RUBRO					44.94		
jul-22							
No:	017				UNIDAD:	m2	
RUBRO:	Escotillas en losetas				UNIDAD:	m2	
DETALLE:	Colocación de escotillas para bloquear acceso a escaleras						
EQUIPOS							
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R		
Herramienta menor 10% M.O.	Global				0.77		
SUBTOTAL M					0.77		
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R		
Peón (Estr. Oc. D2)	1.000	3.83	3.83	1.0000	3.83		
Albañil (Estr. Oc. E2)	1.000	3.87	3.87	1.0000	3.87		
SUBTOTAL N					7.70		
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B			
Cemento	quintal	0.14	7.72	1.11			
Arena	m3	0.02	8.93	0.14			
Agua	m3	0.10	0.75	0.08			
Thinner	gal	0.01	4.40	0.04			
Pintura anticorrosiva	gal	0.04	114.00	4.56			
Puerta tool doblado	m2	1.00	20.00	20.00			
Bisagra uso pesado 2"	u	2.00	1.14	2.28			
Picaporte Reforzado para Candado 125mm	u	1.00	4.89	4.89			
Candado plano 40mm	u	1.00	8.97	8.97			
Tornillos para bisagra	u	34.00	0.01	0.34			
Tacos fisher con tornillo	u	12.00	0.49	5.88			
SUBTOTAL O					33.10		
TRANSPORTE							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B			
SUBTOTAL P					0.00		
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)					41.57		
INDIRECTOS Y UTILIDAD					%X		
COSTO TOTAL DEL RUBRO					41.57		
jul-22							

No:	018								
RUBRO:	Tubería PVCP 1"					UNIDAD:	m		
DETALLE:	Instalación tubería de PVC pegable de 1"								
EQUIPOS									
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Herramienta menor 5% M.O.	Global				0.04				
SUBTOTAL M					0.04				
MANO DE OBRA									
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Plomero (Estr. Oc. D2)	1.000	3.87	3.87	10.00	0.39				
Ayudante de plomero (Estr. Oc. E2)	1.000	3.83	3.83	10.00	0.38				
SUBTOTAL N					0.77				
MATERIALES									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B					
Tubo PVCP 1" CD-40	m	1.00	1.93	1.93					
Pegamento CPVC (1/2 lt)	u	0.11	15.95	1.80					
Limpiador de tubos (1 gal-4000cc)	cc	100.00	0.01	0.88					
Accesorios	glb	1.00	1.22	1.22					
SUBTOTAL O					5.83				
TRANSPORTE									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B					
SUBTOTAL P					0.00				
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)					6.64				
INDIRECTOS Y UTILIDAD					%X				
COSTO TOTAL DEL RUBRO					6.64				
jul-22									
No:	019								
RUBRO:	Tubería PVCP 1 1/4"					UNIDAD:	m		
DETALLE:	Instalación tubería de PVC pegable de 1 1/4"								
EQUIPOS									
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Herramienta menor 5% M.O.	Global				0.04				
SUBTOTAL M					0.04				
MANO DE OBRA									
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Plomero (Estr. Oc. D2)	1.000	3.87	3.87	10.0000	0.39				
Ayudante de plomero (Estr. Oc. E2)	1.000	3.83	3.83	10.0000	0.38				
SUBTOTAL N					0.77				
MATERIALES									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B					
Tubo PVCP 1 1/4" CD-40	m	1.00	2.83	2.83					
Pegamento CPVC	u	0.29	15.95	4.61					
Limpiador de tubos (1 gal-4000cc)	cc	100.00	0.01	0.88					
Accesorios	glb	1.00	5.14	5.14					
SUBTOTAL O					13.45				
TRANSPORTE									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B					
SUBTOTAL P					0.00				
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)					14.26				
INDIRECTOS Y UTILIDAD					%X				
COSTO TOTAL DEL RUBRO					14.26				
jul-22									

No:	022								
RUBRO:	Bomba centrífuga 0,5 HP					UNIDAD:	u		
DETALLE:	Instalación de bomba centrífuga de 0,5 HP								
EQUIPOS									
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B		RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R			
Herramienta menor 10% M.O.	Global					3.08			
SUBTOTAL M						3.08			
MANO DE OBRA									
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B		RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R			
Plomero (Estr. Oc. D2)	1.000	3.87	3.87		4.0000	15.48			
Ayudante de plomero (Estr. Oc. E2)	1.000	3.83	3.83		4.0000	15.32			
SUBTOTAL N						30.80			
MATERIALES									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B					
Bomba de agua centrífuga 0,5 HP	u	1.00	138.00	138.00					
Accesorios de instalación (válvulas, codos, etc.)	glb	1.00	10.69	10.69					
Limpiador de tubos (1 gal-4000cc)	cc	150.00	0.01	1.31					
Teflón	u	1.00	0.58	0.58					
SUBTOTAL O						150.58			
TRANSPORTE									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B					
SUBTOTAL P						0.00			
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)						184.46			
INDIRECTOS Y UTILIDAD						%X			
COSTO TOTAL DEL RUBRO						184.46			
jul-22									
No:	023								
RUBRO:	Filtro de anillos de 1"					UNIDAD:	u		
DETALLE:	Instalación de filtro de anillos/disco de 1"								
EQUIPOS									
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B		RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R			
Herramienta menor 5% M.O.	Global					0.39			
SUBTOTAL M						0.39			
MANO DE OBRA									
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B		RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R			
Plomero (Estr. Oc. D2)	1.000	3.87	3.87		1.0000	3.87			
Ayudante de plomero (Estr. Oc. E2)	1.000	3.83	3.83		1.0000	3.83			
SUBTOTAL N						7.70			
MATERIALES									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B					
Filtro de disco de 1"	u	1.00	6.50	6.50					
Accesorios de instalación (uniones, adaptadores)	glb	1.00	9.36	9.36					
Limpiador de tubos (1 gal-4000cc)	cc	100.00	0.01	0.88					
Pegamento CPVC	u	0.13	15.95	2.06					
Teflón	u	0.30	0.58	0.17					
SUBTOTAL O						18.97			
TRANSPORTE									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B					
SUBTOTAL P						0.00			
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)						27.05			
INDIRECTOS Y UTILIDAD						%X			
COSTO TOTAL DEL RUBRO						27.05			
jul-22									

No:	024									
RUBRO:	Filtro de polipropileno 10 micras					UNIDAD:	u			
DETALLE:	Instalación de filtro para sedimentos de 10 micras									
EQUIPOS										
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R					
Herramienta menor 5% M.O.	Global								0.51	
SUBTOTAL M									0.51	
MANO DE OBRA										
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R					
Plomero (Estr. Oc. D2)	1.000	3.87	3.87	0.7500	5.16					
Ayudante de plomero (Estr. Oc. E2)	1.000	3.83	3.83	0.7500	5.11					
SUBTOTAL N									10.27	
MATERIALES										
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B						
Carcasa para filtro big blue 4,5x10"	u	1.00	34.20	34.20						
Cartucho polipropileno para retencion de sedimentos	u	1.00	23.97	23.97						
Accesorios de instalación (uniones, adaptadores, reducciones)	glb	1.00	13.86	13.86						
Limpiador de tubos (1 gal-4000cc)	cc	100.00	0.01	0.88						
Pegamento CPVC	u	0.13	15.95	2.06						
Teflón	u	0.40	0.58	0.23						
SUBTOTAL O									75.20	
TRANSPORTE										
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B						
SUBTOTAL P									0.00	
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)									85.98	
INDIRECTOS Y UTILIDAD %X									0.00	
jul-22	COSTO TOTAL DEL RUBRO									85.98
No:	025									
RUBRO:	Clorador en línea					UNIDAD:	u			
DETALLE:	Instalación de clorador en línea									
EQUIPOS										
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R					
Herramienta menor 5% M.O.	Global								0.59	
SUBTOTAL M									0.59	
MANO DE OBRA										
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R					
Plomero (Estr. Oc. D2)	1.000	3.87	3.87	0.6500	5.95					
Ayudante de plomero (Estr. Oc. E2)	1.000	3.83	3.83	0.6500	5.89					
Albañil (Estr. Oc. D2)	0.350	3.87	1.35	0.6500	2.08					
SUBTOTAL N									11.85	
MATERIALES										
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B						
Clorador en línea	u	1.00	40.00	40.00						
Accesorios de instalación (uniones, adaptadores, reducciones)	glb	1.00	12.26	12.26						
Pegamento CPVC	u	0.13	15.95	2.06						
Tacos fisher con tornillo	u	10.00	0.49	4.90						
Tabla 50x40	u	1.00	20.00	20.00						
Limpiador de tubos (1 gal-4000cc)	cc	100.00	0.01	0.88						
Teflón	u	0.30	0.58	0.17						
SUBTOTAL O									80.27	
TRANSPORTE										
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B						
SUBTOTAL P									0.00	
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)									92.71	
INDIRECTOS Y UTILIDAD %X									0.00	
jul-22	COSTO TOTAL DEL RUBRO									92.71

No:	026								
RUBRO:	Válvulas de bola 32mm (1") con universal				UNIDAD:	u			
DETALLE:	Instalación de válvulas de paso								
EQUIPOS									
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Herramienta menor 5% M.O.	Global				0.26				
SUBTOTAL M					0.26				
MANO DE OBRA									
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Plomero (Estr. Oc. D2)	1.000	3.87	3.87	1.5000	2.58				
Ayudante de plomero (Estr. Oc. E2)	1.000	3.83	3.83	1.5000	2.55				
SUBTOTAL N					5.13				
MATERIALES									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B					
Válvula bola PVC Inyectada 32mm	u	1.00	7.98	7.98					
Pegamento CPVC	u	0.06	15.95	1.03					
Limpiador de tubos (1 gal-4000cc)	cc	100.00	0.01	0.88					
Teflón	u	0.20	0.58	0.12					
SUBTOTAL O					10.00				
TRANSPORTE									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B					
SUBTOTAL P					0.00				
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)					15.39				
INDIRECTOS Y UTILIDAD					%X				
COSTO TOTAL DEL RUBRO					15.39				
jul-22									
No:	027								
RUBRO:	Válvulas de bola 40mm (1 1/4") con universal				UNIDAD:	u			
DETALLE:	Instalación de válvulas de paso								
EQUIPOS									
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Herramienta menor 5% M.O.	Global				0.32				
SUBTOTAL M					0.32				
MANO DE OBRA									
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Plomero (Estr. Oc. D2)	1.000	3.87	3.87	1.2000	3.23				
Ayudante de plomero (Estr. Oc. E2)	1.000	3.83	3.83	1.2000	3.19				
SUBTOTAL N					6.42				
MATERIALES									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B					
Válvula bola PVC Inyectada 40mm	u	1.00	8.90	8.90					
Pegamento CPVC	u	0.09	15.95	1.42					
Limpiador de tubos (1 gal-4000cc)	cc	100.00	0.01	0.88					
Teflón	u	0.20	0.58	0.12					
SUBTOTAL O					11.31				
TRANSPORTE									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B					
SUBTOTAL P					0.00				
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)					18.05				
INDIRECTOS Y UTILIDAD					%X				
COSTO TOTAL DEL RUBRO					18.05				
jul-22									

No:	028								
RUBRO:	Válvula check de 1"					UNIDAD:	u		
DETALLE:	Instalación de válvula antirretorno								
EQUIPOS									
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Herramienta menor 5% M.O.	Global				0.55				
SUBTOTAL M					0.55				
MANO DE OBRA									
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Plomero (Estr. Oc. D2)	1.000	3.87	3.87	0.7000	5.53				
Ayudante de plomero (Estr. Oc. E2)	1.000	3.83	3.83	0.7000	5.47				
SUBTOTAL N					11.00				
MATERIALES									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B					
Válvula check cuerpo de bronce 1"	u	1.00	11.23	11.23					
Adaptadores macho 32mm a 1"	u	2.00	0.82	1.64					
Limpiador de tubos (1 gal-4000cc)	cc	100.00	0.01	0.88					
Pegamento CPVC	u	0.06	15.95	1.03					
Teflón	u	0.20	0.58	0.12					
SUBTOTAL O					14.89				
TRANSPORTE									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B					
SUBTOTAL P					0.00				
	TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)						26.44		
	INDIRECTOS Y UTILIDAD						%X		
jul-22	COSTO TOTAL DEL RUBRO						26.44		
No:	029								
RUBRO:	Llave para manguera					UNIDAD:	u		
DETALLE:	Instalación de llave de agua para manguera (vaciado tanques)								
EQUIPOS									
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Herramienta menor 5% M.O.	Global				0.39				
SUBTOTAL M					0.39				
MANO DE OBRA									
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Plomero (Estr. Oc. D2)	1.000	3.87	3.87	1.0000	3.87				
Ayudante de plomero (Estr. Oc. E2)	1.000	3.83	3.83	1.0000	3.83				
SUBTOTAL N					7.70				
MATERIALES									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B					
Llave para manguera liviana	u	1.00	11.23	5.67					
Uniones, adaptadores	glb	1.00	1.64	1.64					
Limpiador de tubos (1 gal-4000cc)	cc	100.00	0.01	0.88					
Pegamento CPVC	u	0.03	15.95	0.51					
Teflón	u	0.20	0.58	0.12					
SUBTOTAL O					8.82				
TRANSPORTE									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B					
SUBTOTAL P					0.00				
	TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)						16.90		
	INDIRECTOS Y UTILIDAD						%X		
jul-22	COSTO TOTAL DEL RUBRO						16.90		

No:	030								
RUBRO:	Tubería desagüe PVC 75mm					UNIDAD:	m		
DETALLE:	Instalación tubería de PVC de 75mm								
EQUIPOS									
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Herramienta menor 5% M.O.	Global				0.15				
SUBTOTAL M					0.15				
MANO DE OBRA									
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Plomero (Estr. Oc. D2)	1.000	3.87	3.87	2.5000	1.55				
Ayudante de plomero (Estr. Oc. E2)	1.000	3.83	3.83	2.5000	1.53				
SUBTOTAL N					3.08				
MATERIALES									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B					
Tubo PVC 75mm	u	1.00	3.16	3.16					
Limpiador de tubos (1 gal-4000cc)	cc	175.00	0.01	1.53					
Pega tubo PVC	u	0.02	57.21	1.14					
Accesorios	glb	1.00	6.00	6.00					
SUBTOTAL O					11.84				
TRANSPORTE									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B					
SUBTOTAL P					0.00				
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)					15.07				
INDIRECTOS Y UTILIDAD					%X				
COSTO TOTAL DEL RUBRO					15.07				
jul-22									
No:	031								
RUBRO:	Desviador primeras aguas					UNIDAD:	u		
DETALLE:	Instalación depósito para limpieza del techo con primera agua de la lluvia								
EQUIPOS									
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Herramienta menor 10% M.O.	Global				3.08				
SUBTOTAL M					3.08				
MANO DE OBRA									
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R				
Plomero (Estr. Oc. D2)	1.000	3.87	3.87	0.2500	15.48				
Ayudante de plomero (Estr. Oc. E2)	1.000	3.83	3.83	0.2500	15.32				
SUBTOTAL N					30.80				
MATERIALES									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B					
Tubo PVCD 110mm	m	7.20	4.15	29.88					
Tee PVC 110mm con reducción a 75 mm	u	1.00	5.33	5.33					
Tee PVC 110mm	u	10.00	5.90	59.00					
Adaptador de limpieza	u	1.00	9.06	9.06					
Codos PVC/E/C	u	2.00	3.23	6.46					
Rejilla tipo cúpula/campana	u	1.00	20.00	20.00					
Rejilla interna (sobrepuesta para cocina)	u	1.00	2.00	2.00					
Abrazaderas (con cinta hilty)	m	3.00	0.37	1.10					
Limpiador de tubos (1 gal-4000cc)	cc	500.00	0.01	4.38					
Tacos fisher con tornillo	u	50.00	0.49	24.50					
Pega tubo PVC	u	0.12	57.21	6.87					
SUBTOTAL O					168.57				
TRANSPORTE									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B					
SUBTOTAL P					0.00				
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)					202.45				
INDIRECTOS Y UTILIDAD					%X				
COSTO TOTAL DEL RUBRO					202.45				
jul-22									

No:	032								
RUBRO:	Instalación eléctrica para control y activación de bombas				UNIDAD:	u			
DETALLE:	Instalación de tableros, electroniveles, cables, y equipos de protección para funcionamiento de las bombas								
EQUIPOS									
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B		RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R			
Herramienta menor 10% M.O.	Global					9.24			
SUBTOTAL M						9.24			
MANO DE OBRA									
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B		RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R			
Electricista (Estr. Oc. D2)	1.000	3.87	3.87		0.0833	46.44			
Ayudante de electricista (Estr. Oc. E2)	1.000	3.83	3.83		0.0833	45.96			
SUBTOTAL N						92.40			
MATERIALES									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B		COSTO C=A*B				
Caja de paso metálica 20x20x10cm	u	1.00	11.13		11.13				
Gabinete metálico 30x20x15	u	1.00	22.58		22.58				
Electronivel (flotador eléctrico, sensor de nivel)	u	2.00	12.50		25.00				
Interruptor termomagnético 2P5H202-C10	u	1.00	10.01		10.01				
Disyuntor diferencial	u	2.00	25.00		50.00				
Luz led piloto verde 22mm 12/440vac	u	1.00	1.80		1.80				
Luz led piloto roja 22mm 12/440vac	u	2.00	1.80		3.60				
Luz led piloto amarilla 22mm 12/440vac	u	1.00	1.80		1.80				
Guardamotor 6.3-10A	u	1.00	22.68		22.68				
Conmutador/selector metálico 20Amp	u	1.00	12.77		12.77				
Cable concéntrico 2x14aw g	u	12.00	1.02		12.24				
Riel din 35mmx1m	u	1.00	1.80		1.80				
Tacos fisher con tornillo	u	40.00	0.49		19.60				
Guardacables	u	2.00	0.69		1.38				
Tubo corrugado para cable 1/2"	m	3.00	1.61		4.83				
Cinta aislante (taipe) 19mmx9mx0,13mm	u	2.00	1.93		3.86				
SUBTOTAL O						205.08			
TRANSPORTE									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B		COSTO C=A*B				
SUBTOTAL P						0.00			
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)						306.72			
INDIRECTOS Y UTILIDAD						%X			
COSTO TOTAL DEL RUBRO						306.72			
jul-22									
No:	033								
RUBRO:	Punto de Luz				UNIDAD:	pto			
DETALLE:	Instalación de luz al interior de la torre								
EQUIPOS									
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B		RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R			
Herramienta menor 5% M.O.	Global					0.69			
SUBTOTAL M						0.69			
MANO DE OBRA									
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B		RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R			
Electricista (Estr. Oc. D2)	1.000	3.87	3.87		1.8000	6.97			
Ayudante de electricista (Estr. Oc. E2)	1.000	3.83	3.83		1.8000	6.89			
SUBTOTAL N						13.86			
MATERIALES									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B		COSTO C=A*B				
Alambre galvanizado No.18	kg	0.13	2.41		0.31				
Alambre sólido TH#N 12 AWG	m	12.00	0.48		5.76				
Cajetin PVC octogonal	u	1.00	0.34		0.34				
Cajetin PVC rectangular	u	1.00	0.34		0.34				
Tubo corrugado para cable 1/2"	m	3.00	1.61		4.83				
Interruptor simple	u	1.00	1.80		1.80				
Boquilla colgante sencilla de baquelita	u	1.00	1.80		1.80				
Cinta aislante (taipe) 19mmx9mx0,13mm	u	0.25	1.93		0.48				
Tacos fisher con tornillo	u	15.00	0.49		7.35				
SUBTOTAL O						23.02			
TRANSPORTE									
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B		COSTO C=A*B				
SUBTOTAL P						0.00			
TOTAL COSTOS DIRECTOS X=(M+N+O+P)						37.57			
INDIRECTOS Y UTILIDAD						%X			
COSTO TOTAL DEL RUBRO						37.57			
jul-22									

8.2 Anexo B. Especificaciones Técnicas

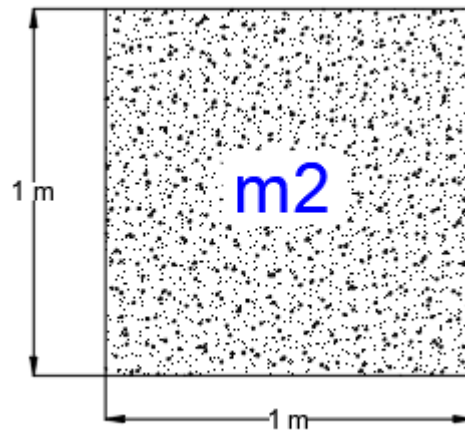
1. Obras preliminares y Movimiento de tierras

1.1. Limpieza y Desbroce

- Unidad: m²
- Descripción: Despejar el terreno necesario para llevar a cabo la obra contratada.
- Procedimiento: De acuerdo con las presentes especificaciones y los demás documentos contractuales, en las zonas indicadas en los planos o por el Fiscalizador, se eliminarán todos los árboles, arbustos, troncos, cercas vivas, matorrales y cualquier otra vegetación. También se incluye en este rubro la remoción de la capa de tierra vegetal, hasta la profundidad indicada en los planos o por el Fiscalizador. El desbroce, desbosque y limpieza, se efectuará por medios eficaces, manuales y mecánicos, incluyendo el tocón, tala, repique y cualquier otro procedimiento que se obtengan resultados satisfactorios para la Fiscalización.
- Materiales mínimos: Ninguno
- Equipo mínimo: Herramienta menor
- Mano de obra mínima calificada: Albañil, Peón.
- Se considera una cuadrilla conformada por un (1) albañil y un (1) peón.

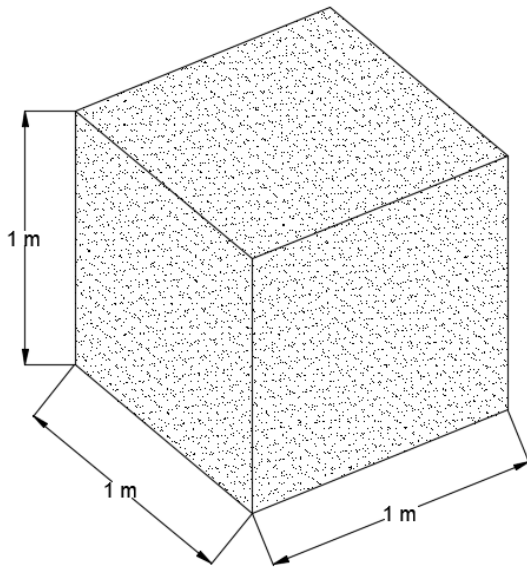
1.2. Replanteo y Nivelación

- Unidad: m²
- Descripción: ubicación de los puntos de la cimentación indicados en los planos para materializar los elementos arquitectónicos indicados.
- Procedimiento: Se colocarán referencias estables de ejes (hitos, estacas de madera) los cuales se colocarán a un metro de los ejes principales, los mismos no serán removidos durante el proceso de construcción; estos deberán ser comprobados por el fiscalizador. Para el efecto se usarán equipos de precisión: teodolito, niveles, etc. y herramientas manuales como, cintas métricas, piola de albañilería, escuadra, manguera transparente para nivel y otros. Para efectos de pago se calculará el área entre ejes de cimentación
- Materiales mínimos: Estacas, tablas, mojones, pintura.
- Equipo mínimo:
- Herramienta menor: cinta métrica, jalones, manguera para tomar niveles, etc.
- Mano de obra mínima calificada: Albañil, Peón.
 - Se considera una cuadrilla conformada por un (1) albañil y un (1) peón.



1.3. Excavación manual para plintos, cimientos y zapatas

- Unidad: m^3
- Descripción: Luego de haber realizado los rubros de limpieza, replanteo, así como la conformación de plataformas (caso de ser necesario), se procederá con la excavación de cimientos
- Procedimiento: se efectuará la excavación para la construcción de la cimentación (plintos, cadenas inferiores y cimientos), en los sitios indicados en los planos estructurales, de acuerdo con las dimensiones y niveles respectivos, de conformidad con las recomendaciones del estudio de suelos y comprobados por el fiscalizador.
- Materiales mínimos: ninguno
- Equipo mínimo:
- Herramienta menor: picos, palas, manguera para tomar niveles, etc.
- Mano de obra mínima calificada: Se considera una cuadrilla ideal conformada por un (1) albañil y dos (2) peones



2. Cimentación

2.1. Encofrado de cimentación

- Unidad: m^2
- Descripción: confinar el hormigón y proporcionarle la forma y dimensiones indicadas en los planos
- Procedimiento: el encofrado debe tener suficiente rigidez para mantener su posición y resistir las presiones resultantes del vaciado y vibrado del hormigón, evitando así la pérdida de mortero y agua. Las superficies que estén en contacto con el hormigón deberán encontrarse completamente limpias.
- El material para encofrado podrá ser madera o lámina metálica, que garanticen superficies lisas.
- Para facilitar la operación de curado y permitir la más pronta reparación de las imperfecciones de la superficie del hormigón, el fiscalizador podrá autorizar la remoción de los encofrados tan pronto como el hormigón haya alcanzado la resistencia suficiente para soportar el estado de carga inicial; cualquier reparación o tratamiento que se requiera en estas superficies, se las hará inmediatamente y después se efectuará el tipo de curado apropiado.
- Materiales mínimos: Desmoldante, clavos, alambre galvanizado 14
- Equipo mínimo: tablero de madera, herramienta menor
- Mano de obra mínima calificada: Se considera una cuadrilla ideal conformada por un (1) peón y dos (2) carpinteros.

2.2. Acero de refuerzo en losa de cimentación

- Unidad: kg
- Descripción: Acero de refuerzo en losa y vigas de cimentación
- Procedimiento: Se considerará el siguiente costo unitario para la incorporación del acero en las estructuras de hormigón armado, es importante recalcar que ya viene incluido el alambre de amarre dentro del costo directo, así como la mano de obra y equipo requerido, se toma en cuenta solamente el costo del material

Tabla 2.2.7.1 Cuantías aproximadas de Acero de Refuerzo (kg /m ³ de hormigón)		
Elemento estructural	Edificios habitacionales y viviendas en general	Edificios industriales
Fundaciones	60,0	115,0
Muros	80,0	100,0
Columnas	160,0	180,0
Losas	75,0	120,0
Vigas y cadenas	120,0	140,0

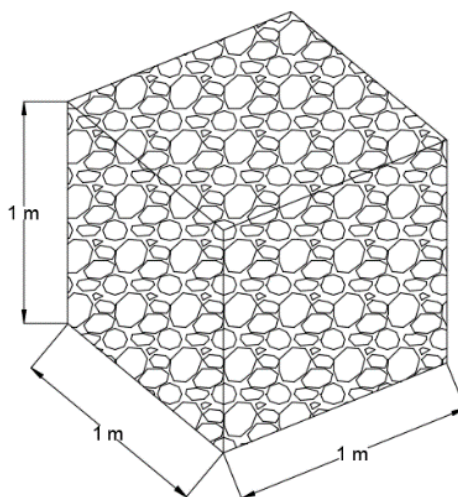
Fuente: Rondón, C. (2008). Manual de armaduras de refuerzo para hormigón

- Materiales mínimos: Acero de refuerzo en varillas, alambre recocido #18
- Equipo mínimo: Herramienta menor
- Mano de obra mínima calificada: Se considera una cuadrilla ideal conformada por un (1) albañil y un (1) peón, además que el maestro mayor se encontrará supervisando esta actividad un 10% del tiempo

2.3. Hormigón $f'c=210\text{kg/cm}^2$ para losa de cimentación

- Unidad: m³
- Descripción: En los sitios señalados en los planos arquitectónicos y estructurales se construirán los cimientos utilizando para ello grandes piedras o cantos rodados.
- Procedimiento: La fabricación del hormigón simple en obra, de una resistencia de 210 Kg/cm², deberá ser controlado para que sea óptima. Se procederá a colocar en capas de un espesor que faciliten su manipuleo y adecuado vibrado y compactación del hormigón según se vaya vertiendo. Se deberá cuidar la correcta posición y el nivel del acero de

refuerzo al momento de vaciar el hormigón, al tiempo de que se debe realizar la compactación mecánica en forma continua a medida que se vayan completando las áreas de fundición, enrasando con la ayuda de codales metálicos o de madera. El fiscalizador, para cada caso de fundición de hormigón simple deberá realizar chequeos permanentes de conformidad a un planeamiento de obra, o cronograma de obras para hormigones.



• Hormigón Simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$			
• Material	• Cantidad	• Unidad	• Costo unitario
• Cemento Portland	• 320	• Kg/m^3	• 0.14 \$/kg
• Arena	• 0.52	• m^3/m^3	• 10,17 \$/m ³
• Ripio	• 0.90	• m^3/m^3	• 16,15 \$/m ³
• Agua	• 0.170	• m^3/m^3	• 0.74 \$/m ³
• Nota:			
• Valores para un m ³			

- Materiales mínimos: Hormigón simple $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- Equipo mínimo: Herramienta menor, vibrador, concretera.
- Mano de obra mínima calificada: Se considera una cuadrilla ideal conformada por cuatro (4) albañiles y dos (2) peones, además que el inspector de obra se encontrará supervisando esta actividad un 100% del tiempo

CANTIDADES (cmt · ar · gr)	RESISTENCIA			CEMENTO (cmt)	ARENA mt ³ (ar)	GRAVA mt ³ (gr)	AGUA Lts (promedio)
	kg/CM ²	PSI	Mpa				
1 - 2 - 2	280	4000	27	420	0,67	0,67	190
1 - 2 - 2 - 2,5	240	3555	24	380	0,60	0,76	180
1 - 2 - 3	226	3224	22	350	0,55	0,84	170
1 - 2 - 3,5	210	3000	20	320	0,52	0,90	170
1 - 2 - 4	200	2850	19	300	0,48	0,95	158
1 - 2,5 - 4	189	2700	18	280	0,55	0,89	158
1 - 3 - 4	168	2400	16	300	0,72	0,72	158
1 - 3 - 4	159	2275	15	260	0,63	0,83	163
1 - 3 - 5	140	2000	14	230	0,55	0,92	148
1 - 3 - 6	119	1700	12	210	0,50	1,00	143
1 - 4 - 7	109	1560	11	175	0,55	0,98	133
1 - 4 - 8	99	1420	10	160	0,55	1,03	125

Tabla de dosificación de concreto - cantidades por mt³

2.4. Paleteado a mano en losa (sin endurecedor)

- Unidad: m²
- Descripción: Este rubro se refiere a la provisión de equipos, mano de obra y materiales necesarios para la fundición en obra de hormigón simple que servirá de base para el piso o cualquier otra finalidad estipulada en los planos.
- Procedimiento: Previo a la fundición del contrapiso debe haberse de acuerdo a lo especificado en los planos y a su vez haberse compactado el terreno. Las superficies donde se va a colocar el contrapiso estarán totalmente limpias, niveladas y compactas. El hormigón será de resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ no requiere de uso de tableros de encofrado, incluye el proceso de fabricación, vertido y curado del hormigón. Se realizará trazos y colocará guías que permita los niveles y cotas que deben cumplirse, colocando una capa del espesor que determinen los planos del proyecto. Verificado por la Fiscalización el cumplimiento de los requerimientos previos, con el hormigón elaborado en obra o premezclado, se procederá a vaciar en el sitio.
- Materiales mínimos: ninguno
- Equipo mínimo: herramienta menor
- Mano de obra mínima calificada: Se considera una cuadrilla ideal conformada por un (1) albañil y un (1) peón.

3. Estructura metálica

3.1. Acero Estructural A36

- Unidad: kg
- Descripción: El acero es la aleación de hierro con pequeñas cantidades de carbono que posee gran dureza y elasticidad. El acero estructural se basa en perfiles estructurales, conformados en frío a partir del tol doblado.
- Procedimiento: Antes de iniciar con los trabajos hay requerimientos previos que deben de cumplirse como la revisión de los planos arquitectónicos, estructurales y de detalle de la estructura, así como otros documentos de obra que definan diseños, sistemas y materiales a utilizarse. Lo primero a realizarse es el replanteo y los trazos requeridos del sitio a ubicar la estructura, en este caso la verificación de medidas en obra es muy importante. Se debe realizar la verificación de pendientes y otros aspectos que incidan en el uso y comportamiento de la estructura a ejecutar. La suelda a utilizar será del tipo de arco (suelda eléctrica). Los electrodos serán especificados en planos. Culminación de elementos de apoyo de la estructura como: muros, losas, vigas y similares.
- Materiales mínimos: Acero Estructural A36
- Equipo mínimo: Herramienta menor soldadora, amoladora, taladro, compresor, andamio.
- Mano de obra mínima calificada: Se considera una cuadrilla ideal conformada por un (1) perfilero, un (1) peón, un (1) engrasador y además que el inspector de obra se encontrará supervisando esta actividad un 10% del tiempo

Acero estructural: La perfilería deberá cumplir como mínimo con la norma ASTM A-572Gr50 (placas) y A-36 (perfiles)

Constituirán evidencia apropiada de que el acero usado es de la calidad aceptable, los informes certificados de prueba efectuadas por la Acería, por el fabricante de las estructuras, o con un laboratorio independiente debidamente aprobado.

Estos informes no exonerarán al contratista de ejecutar por su cuenta los cambios requeridos cuando la calidad o el estado de material no sean satisfactorios.

Corre por cuenta del contratista el reemplazo de materiales que estén defectuosos o mal estado y el costo de corrección de cualquier error por el cual sea responsable.

Tabla 57. - Propiedades y usos del acero estructural

Propiedades mecánicas	Esfuerzo a la fluencia mínimo: 250 Mpa (36300 PSI) Esfuerzo a la tensión: 400-550 Mpa (58000-79800 PSI) Elongación mínima en 50 mm (2''): 23% Módulo de elasticidad 200 Gpa (29000 KSI)
Propiedades físicas	Densidad 7,85 g/cm ³ (0,284 lb/in ³)
Propiedades químicas	0.25-0.29 % C 0.60-1.20 % Mn 0.15-0.40 % Si 0.04 % P máx. 0.05 % S máx.
Usos	Para componentes estructurales en general

3.2. Malla electrosoldada R196 1Ø 5@10cm

- Unidad: m²
- Descripción: Instalación de malla electrosoldada para retracción y fraguado del hormigón en losa
- Procedimiento: Se incrementará de una estructura de refuerzo para el hormigón, mediante la incorporación colocación de malla electrosoldada de la clase, tipo y dimensiones que se indiquen en los planos del proyecto y/o especificaciones. El objetivo es la colocación de malla electrosoldada, especificados en planos estructurales y demás documentos del proyecto. Incluye el proceso de cortado, colocación y amarre del acero estructural en malla.
- Materiales mínimos: Malla electrosoldada R-196 Φ 5mm @ 10cm, Alambre recocido #18, Separadores plásticos.
- Equipo mínimo: Herramienta menor
- Mano de obra mínima calificada: Se considera una cuadrilla ideal conformada por dos (2) albañiles, dos (2) peones además que el inspector de obra se encontrará supervisando esta actividad un 10% del tiempo

Tipo de Malla	Diámetro [mm]		Separación [cm]		Sección de Acero as [mm ² / m]		Peso	
	Alambre L.	Alambre T.	Alambre L.	Alambre T.	As L.	As T.	kg / m ²	kg / plancha
R-126	4,0	4,0	10	10	126	126	1,97	29,48
R-196	5,0	5,0	10	10	196	196	3,07	46,06

3.3. Deck metálico en losa e=0.76 mm

- Unidad: m²
- Descripción: incorporación de placa colaborante para losas de entrepiso fabricado con acero galvanizado aumentando su capacidad y resistencia.
- Procedimiento: se colocan las láminas de acero estructural galvanizado de forma trapezoidal, utilizando como refuerzo para la construcción de losas compuestas, eliminando la necesidad de varillas inferiores, alivianamientos y encofrados. La interacción entre el Deck metálico y el hormigón se produce a través de resaltes dispuestos en la placa, los cuales logran un adecuado anclaje mecánico al hormigón evitando el desplazamiento y garantizando adherencia.
- Materiales mínimos: Deck 0,76mm, Discos de corte acero hasta 1/8", Soldadura E 7018 1/8", Tornillos, Implementos de seguridad, Dotación personal
- Equipo mínimo: Herramienta menor
- Mano de obra mínima calificada: Se considera una cuadrilla ideal conformada por un (1) albañil, un (1) peón además que el inspector de obra se encontrará supervisando esta actividad un 10% del tiempo

3.4. Reapuntalado de vigas y losas

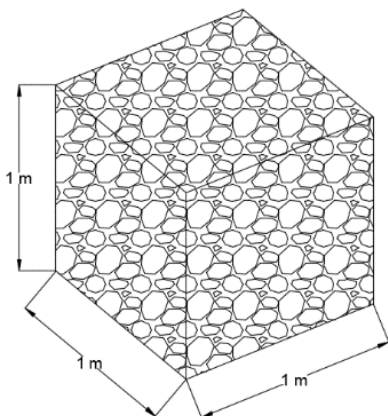
- Unidad: m²
- Descripción: Fijación de losetas y vigas en estructura metálica
- Procedimiento: previo al inicio del hormigonado hasta su culminación, se debe comprobar que los apuntalamientos, encofrados y el acero de refuerzo se encuentran aprobados por fiscalización, De acuerdo con el espesor de las vigas, se realizará por capas y completando tramos totales de viga, lo que va a permitir obtener un homogéneo vibrado y terminado del elemento. Continuamente se realizarán inspecciones a los encofrados, verificando y corrigiendo las deformaciones que sufran durante el proceso. El retiro de los encofrados, que respetará un tiempo mínimo de fraguado, se lo efectuará

cuidando de no provocar daños en las aristas de las vigas, ya que son los lugares más susceptibles de desprendimientos; y si es del caso se realizarán los correctivos en forma inmediata. Fiscalización aprobará o rechazará la entrega del rubro concluido, que se sujetará a los resultados y cumplimiento de dimensiones, alineamiento, escuadrado, de las pruebas de resistencia de laboratorio y de campo; así como las tolerancias y condiciones en las que se realiza dicha entrega.

- Materiales mínimos: Alambre galvanizado 140,80
- Equipo mínimo: Herramienta menor
- Mano de obra mínima calificada: Se considera una cuadrilla ideal conformada por un (1) albañil, un (1) peón.

3.5. Hormigón $f'c=210\text{kg/cm}^2$ para losa (h=12cm)

- Unidad: m^3
- Descripción: Fundición de hormigón en losetas de la torre
- Procedimiento: se incorpora el hormigón simple de determinada resistencia, que conformará losas de entepiso o de cubierta incluyendo las vigas embebidas, para lo cual requiere del uso de encofrados, acero de refuerzo y elementos de alivianamiento. El objetivo es la construcción de losas de hormigón, especificados en planos estructurales y demás documentos del proyecto. Incluye el proceso de fabricación, vertido y curado del hormigón
- Materiales mínimos: Hormigón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Plastificante Megamix 350, Fibra Nylon, Ensayos Muestras (Compresión Simple)
- Equipo mínimo: Vibrador, Herramienta menor



Hormigón Simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$			
Material	Cantidad	Unidad	Costo unitario
Cemento Portland	320	Kg/m^3	0.14 \$/kg
Arena	0.52	m^3/m^3	10,17 \$/m ³
Ripio	0.90	m^3/m^3	16,15 \$/m ³
Agua	0.170	m^3/m^3	0.74 \$/m ³

- Mano de obra mínima calificada: Se considera una cuadrilla ideal conformada por un (4) albañiles, un (2) peones además que el inspector de obra se encontrará supervisando esta actividad un 100% del tiempo

3.6. Paleteado manual en fresco en losa

- Unidad: m²
- Descripción: Este rubro se refiere a la provisión de equipos, mano de obra y materiales necesarios para la fundición en obra de hormigón simple que servirá de base para el piso o cualquier otra finalidad estipulada en los planos.
- Procedimiento: Previo a la fundición del contrapiso debe hacerse de acuerdo con lo especificado en los planos y a su vez haberse compactado el terreno. Las superficies donde se va a colocar el contrapiso estarán totalmente limpias, niveladas y compactas. El hormigón será de resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ no requiere de uso de tableros de encofrado, incluye el proceso de fabricación vertido y curado del hormigón. Se realizará trazos y colocará guías que permita los niveles y cotas que deben cumplirse, colocando una capa del espesor que determinen los planos del proyecto. Verificado por la Fiscalización el cumplimiento de los requerimientos previos, con el hormigón elaborado en obra o premezclado, se procederá a vaciar en el sitio.
- Materiales mínimos: ninguno
- Equipo mínimo: herramienta menor
- Mano de obra mínima calificada: Se considera una cuadrilla ideal conformada por un (1) albañil y un (1) peón.

3.7. Cubierta liviana

- Unidad: m²
- Descripción: Colocación de cubierta liviana
- Procedimiento: se realizarán las actividades para colocar el recubrimiento de una estructura de cubierta, formada por láminas onduladas galvanizada de formas y dimensiones acordes con la necesidad del proyecto. El objetivo será la instalación de la cubierta especificada en los sitios que se indique en planos del proyecto, detalles constructivos o los determinados por la dirección arquitectónica o por

fiscalización, así como cubrir y proteger una edificación de los cambios e inclemencias del tiempo.

- Materiales mínimos: Cubierta liviana, Tornillos, Implementos de seguridad, Dotación personal.
- Equipo mínimo: Herramienta menor
- Mano de obra mínima calificada: Se considera una cuadrilla ideal conformada por un (1) albañil y un (1) peón.

4. Mampostería y cerramientos

4.1. Mampostería de bloque pesado $e=10\text{cm}$, mortero 1:6 $e=2.0\text{cm}$

- Unidad: m^2
- Descripción: Cerramiento planta baja de torre con bloque, para protección de bombas y filtros
- Procedimiento: Una vez se encuentren soldadas las vigas del $Nv+3$, se procede a colocar la mampostería como cerramiento para la parte inferior de la torre, lo cual servirá como protección de las bombas, filtros y clorador de la intemperie, y también evitará posibles hurtos. Para su colocación, se deberá realizar el timbrado en la losa como referencia. Se deberá preparar el mortero con dosificación 1:4 (cemento, arena) para el pegado de bloques. Finalmente montará la mampostería verificando que se encuentre alineada de forma horizontal y asegurándola con los chicotes previamente soldados en las columnas cada 60cm para que la mampostería se fije adecuadamente.
- Materiales mínimos: Cemento, Bloque Pesado, Arena, Agua.
- Equipo mínimo: Bailejo, nivel, piola, balde, clavos.
- Mano de obra mínima calificada: Peón y albañil.

4.2. Dintel

- Unidad: m
- Descripción: Construcción de dintel para puerta principal
- Procedimiento: El dintel es una estructura empleada para soportar la mampostería encima de puertas y ventanas, que en este caso se encontrará encima de la puerta principal de la torre. En una obra es importante la construcción de dinteles para evitar que la mampostería se caiga por su propio peso. Para esto se debe realizar un pequeño encofrado y colocar varillas que soportarán a la mampostería, una vez construido el dintel, se puede colocar la mampostería sobre el mismo, para posteriormente colocar la puerta.
- Materiales mínimos: Cemento, arena, grava, agua, carilla corrugada de 10mm, tabla de monte y cuartones para encofrado, alambre de amarre y agua.
- Equipo mínimo: Concretera, bailejo, valde
- Mano de obra mínima calificada: Albañil, fierro y carpintero

4.3. Puerta tol doblado con marco (incluye instalación y pintura)

- Unidad: m²
- Descripción: Puerta principal metálica de torre
- Procedimiento: Una vez finalizado el montaje de la mampostería, se podrá instalar la puerta principal de tol doblado. El espacio que ocupará esta puerta es de 2.60m. Dentro de este espacio primero se debe colocar el marco, asegurando la mampostería, seguido de las bisagras, posteriormente la puerta y finalmente la chapa. Es importante verificar previo a la instalación que la puerta se encuentre protegida con pintura anticorrosiva que la proteja de la intemperie.
- Materiales mínimos: Cemento, arena, agua, thinner, pintura anticorrosiva, puerta tol doblado, bisagra uso pesado 2", cerradura sobrepuesta alta seguridad Travex N300 72mm, tornillos para bisagra, tacos Fisher con tornillo.
- Equipo mínimo: Taladro, desarmador, metro
- Mano de obra mínima calificada: Peón y albañil.

4.4. Ventana corrediza aluminio - vidrio claro (incluye instalación)

- Unidad: m²
- Descripción: Instalación de ventana para iluminación y ventilación del cuarto de máquina.
- Procedimiento: En la mampostería se debe dejar un orificio rectangular, que servirá para el montaje de las ventanas las cuales funcionarán brindando iluminación y ventilación en la parte baja de la torre.
- Materiales mínimos: Ventana corrediza aluminio/vidrio claro
- Equipo mínimo: Desarmador, cortador de vidrios, taladro, metro
- Mano de obra mínima calificada: Peón y albañil.

4.5. Escotillas en losetas

- Unidad: m²
- Descripción: Colocación de escotillas para bloquear acceso a escaleras
- Procedimiento: Posterior a la fundición de las losetas se pueden colocarlas escotillas, que funcionarán como elementos de seguridad para proteger los componentes de la planta baja de la torre, y restringir el acceso a la parte superior. También facilitarán el acceso del Nv+3 al Nv+6, brindando mayor seguridad al operador. Las aberturas para las escotillas serán de 0.6x0.9m.
- Primero se colocará el marco de las escotillas, después las bisagras, y finalmente la escotilla con el picaporte. El picaporte debe colocarse en el interior de la torre para restringir el acceso desde el exterior en el Nv+3.00m. Para bloquear este acceso será necesario un candado de 40mm con su respectiva llave, que será manipulado únicamente de manera interna.
- Materiales mínimos: Cemento, arena, agua, thinner, pintura anticorrosiva, puerta tol doblado, bisagra uso pesado 2", picaporte reforzado para candado 125mm, candado plano 40mm, tornillos para bisagra, tacos Fisher con tornillo.
- Equipo mínimo: Taladro, desarmador, metro
- Mano de obra mínima calificada: Peón y albañil.

5. Instalación hidrosanitaria – Presión

Tabla 58. - Propiedades de la tubería pegable

Diámetros Tubería SCALL	Especificaciones Técnicas
Nominal: 32 mm (eq. 1") Nominal: 40 mm (eq. 1 1/4")	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tubería de presión espigo campana (E/C), unión con juntas por cementado solvente ✓ Material: Cloruro de Polivinilo (PVC) ✓ Superficie: Interna y externa lisas sin grietas, fisuras, perforaciones o incrustaciones ✓ Cumple con Normativa: NTE INEN 1373 (2017-09) ✓ Presión de Trabajo: 0.8 - 1.25 MPa

5.1. Tubería PVCP 1"

- Unidad: m
- Descripción: Instalación tubería de PVC pegable de 1"
- Procedimiento: Una vez culminada la construcción de la torre, colocados los tanques tanto inferior como superior, ya instalada la tubería de 1 1/4", y conectadas las bombas, se podrá instalar la tubería de 1" que irá desde la impulsión de la bomba, hacia el tanque superior. Para su instalación se recomienda una tubería pegable de 1" debido a su fácil instalación y montaje, además que no se requiere de equipos adicionales como soldadora de tubos, necesaria para la tubería por termofusión. Sin embargo, también podría utilizarse este método. Cabe recalcar que los costos podrían variar en caso de optar por esta tubería. Para su instalación se deberá observar detalladamente el montaje de cada uno de los componentes en los planos, limpiar la tubería y los accesorios previo a la unión, y seguir todas las indicaciones de la ficha técnica del fabricante. Es importante destacar que la tubería debe cumplir con la NTE INEN 1373 (2017-09).
- Materiales mínimos: Tubo PVCP 1" CD-40, pegamento CPVC (1/2 lt), limpiador de tubos (1 gal-4000cc), accesorios.
- Equipo mínimo: Llave Stilson, llave inglesa, waípe, sierra de mano, metro
- Mano de obra mínima calificada: Plomero y ayudante de plomero.

5.2. Tubería PVCP 1 1/4"

- Unidad: m
- Descripción: Instalación tubería de PVC pegable de 1 1/4"
- Procedimiento: Posterior a la instalación de los tanques, se colocará la tubería de 1 1/4", la cual saldrá del tanque inferior hacia la succión de las bombas. Esta tubería debe cumplir con los mismos criterios que la tubería de 1". Es necesario verificar los planos detalladamente para su correcta instalación.
- Materiales mínimos: Tubo PVCP 1 1/4" CD-40, pegamento CPVC (1/2 lt), limpiador de tubos (1 gal-4000cc), accesorios.
- Equipo mínimo: Llave Stilson, llave inglesa, waípe, sierra de mano, metro.
- Mano de obra mínima calificada: Plomero y ayudante de plomero.

5.3. Tanque PE cilíndrico horizontal 1300 lts

- Unidad: u
- Descripción: Instalación de tanque de polietileno para agua con 1300 litros de capacidad
- Procedimiento: Una vez fraguada la losa del Nv+6.00m, se puede proceder a la colocación de este tanque, para lo cual es necesario realizar perforaciones mediante un sacabocados de 34mm, para la entrada y salida de agua, y colocar adecuadamente los adaptadores de tanque de 1" para evitar cualquier fuga de agua. También se debe realizar un orificio con una broca de 3/8 para permitir el paso del cable del flotador que irá dentro de este tanque y que servirá para medir el nivel de agua en el mismo. Además hay que colocar un guardacables que fije adecuadamente este sensor y evite un mal funcionamiento de este; el sensor debe colocarse de forma adecuada con el nivel mínimo y máximo, según el tanque. Finalmente se colocará una rejilla de ventilación, utilizando los accesorios incluidos en el kit para la colocación del tanque, realizando un orificio para el adaptador y colocando los codos con una abrazadera y malla para evitar la entrada de mosquitos, como se indica en los planos y manual de construcción.
- Materiales mínimos: Tanque PE Cilíndrico horizontal 1300 lts, accesorios de instalación (adaptadores, uniones, etc.), teflón, limpiador de tubos (1 gal-4000cc), pegamento CPVC

- Equipo mínimo: Taladro, llave Stilson, llave inglesa, waípe, sierra de mano, metro, sacabocados, brocas.
- Mano de obra mínima calificada: Plomero y ayudante de plomero.

5.4. Tanque PE cilíndrico vertical 1100 lts

- Unidad: u
- Descripción: Instalación de tanque de polietileno para agua con 1100 litros de capacidad
- Procedimiento: Una vez completado el cerramiento de la parte inferior de la torre se puede instalar el tanque. Se deben realizar orificios de 75mm para la tubería que conduce el agua lluvia hacia el tanque. También un orificio de 42mm para la tubería de presión de 1 ¼ que va desde el tanque hacia las bombas. Finalmente se coloca la tubería de ventilación – rebose en el tanque con la malla y la abrazadera correspondiente, para evitar el ingreso de mosquitos.
- Materiales mínimos: Tanque PE Cilíndrico horizontal 1300 lts, accesorios de instalación (adaptadores, uniones, etc.), válvula de pie con canastilla, pegamento CPVC, limpiador de tubos (1 gal-4000cc), teflón
- Equipo mínimo: Taladro, llave Stilson, llave inglesa, waípe, sierra de mano, metro, sacabocados, brocas.
- Mano de obra mínima calificada: Plomero y ayudante de plomero.

5.5. Bomba centrífuga 0,5 HP

- Unidad: u
- Descripción: Instalación de bomba centrífuga de 0,5 HP
- Procedimiento: Después de la instalación de tuberías de 1 1/4” se puede colocar la bomba, se recomienda la bomba centrífuga de 0,5 HP, marca Evans, modelo 2HME050, la cual tiene una entrada de succión de 1 ¼” y de 1” para la impulsión. En caso de que se desee cambiar de bomba, se deberá buscar una con características similares, ya que se espera que el tanque superior se llene en un periodo de 20 minutos, para poder captar una mayor cantidad de agua en el tanque inferior y así lograr una mayor reserva en ambos tanques.
- Materiales mínimos: Bomba de agua centrífuga 0,5 HP, accesorios de instalación (válvulas, codos, etc.), limpiador de tubos (1 gal-4000cc), teflón

- Equipo mínimo: Taladro, llave Stilson, llave inglesa, waípe, sierra de mano, metro, sacabocados, brocas.
- Mano de obra mínima calificada: Plomero y ayudante de plomero.

Tabla 59. - Características de la bomba centrífuga

Potencia	Especificaciones Técnicas
0.5 HP 0.37 kW	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tipo de Motor: Eléctrico ➤ Potencia del Motor: 0.50 HP ➤ RPM del Motor: 3450 ➤ RPM Voltaje: 110/220 V ➤ Fases del motor: Monofásico ➤ Corriente: 8/4 A ➤ Protección térmica: Si ➤ Flujo Optimo: 90.00 LPM ➤ Altura Optima: 12.00 m ➤ Número de etapas: 1 ➤ Diámetro de succión: 1.25" ➤ Diámetro de descarga: 1.00" ➤ Tipo de impulsor: Cerrado ➤ Material del cuerpo: Hierro fundido

5.6. Filtro de anillos de 1"

- Unidad: u
- Descripción: Instalación de filtro de anillos/disco de 1"
- Procedimiento: El filtro de anillos se coloca posterior a la instalación de las bombas. Este es el encargado de retener partículas de hasta 125 micras como proceso de filtrado, es bastante compacto, fácil de lavar, desmontar y volver a colocar, además se colocarán uniones universales para facilitar su desmontaje, sin embargo, una desventaja es que este requiere de un mantenimiento constante, por lo que debe revisarse al menos cada dos semanas. Para su instalación se necesitan adaptadores hembra y de teflón para evitar fugas. Se debe asegurar una unión fuerte, sin dañar el filtro.
- Cuando se requiera hacer mantenimiento del filtro se deberá cerrar todo el sistema.

- Materiales mínimos: Filtro de disco de 1", accesorios de instalación (uniones, adaptadores), limpiador de tubos (1 gal-4000cc), pegamento CPVC, teflón
- Equipo mínimo: Herramienta menor, llave Stilson, llave inglesa, waípe, sierra de mano, metro.
- Mano de obra mínima calificada: Plomero y ayudante de plomero.

Tabla 60. - Características del filtro de discos

Descripción	Capacidad	Especificaciones Técnicas
Filtro de disco de 1"	Caudal de hasta 5 m ³ /h (22 GPM)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tipo: Disco plástico ➤ Material: Plástico ➤ Conexión: Rosca macho – 1" ➤ Grado de filtrado: 120 mesh (125 μm) ➤ Área filtrante: 100 cm²

5.7. Filtro de polipropileno 10 micras

- Unidad: u
- Descripción: Instalación de filtro para sedimentos de hasta 10 micras
- Procedimiento: Para este filtro es necesario como primer paso asegurarlo en la pared, de manera que quede fijo en la misma. Se deberán colocar bugs reductores de 1,5" a 1", debido a que las conexiones de la carcasa de este filtro son de 1 ½". Existen varios tipos de filtros, sin embargo, el filtro recomendado para este sistema es el de propileno espumado o el plisado, debido a que permite mayor caudal que el de carbón.
- Materiales mínimos: Carcasa para filtro big blue 4,5x10", cartucho polipropileno para retención de sedimentos, accesorios de instalación (uniones, adaptadores, reducciones), limpiador de tubos (1 gal-4000cc), pegamento CPVC, teflón
- Equipo mínimo: Herramienta menor, llave Stilson, llave inglesa, waípe, sierra de mano, metro.
- Mano de obra mínima calificada: Plomero y ayudante de plomero.

Tabla 61. - Características del filtro de 10 micras recomendado

Descripción	Capacidad	Especificaciones Técnicas
Polipropileno espumado 4,5"x10"	Hasta 135 Lpm (0.135 m ³ /h 35.7 GPM)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pérdida de carga: 2 PSI ➤ Conexión: Rosca hembra 1 ½ " ➤ Presión de trabajo: 8 - 125 PSI ➤ Función: Retención de sedimentos ➤ Periodo de funcionamiento: 2 - 6 y hasta 9 meses dependiendo de la cantidad de sedimentos presentes en el agua

Tabla 62. - Características de la carcasa porta filtros

CARCASA - PORTACARTUCHOS			
Material	Medidas	Conexión	Presión Máx.
Plástico	10"x4,5"	1,5"	262 PSI

Tabla 63. - Características de otros filtros en el mercado

CARTUCHOS – FILTROS DE AGUA 10 MICRAS							
Material	Medida	Caudal	Pérdida de PSI	Presión	Función	Revisión/ Tiempo de cambio	Vida útil
Polipropileno espumado	4,5"x10"	135 Lpm	2 PSI	8 - 125 PSI	Retiene sedimentos	Cada 6 meses	2 - 6 meses
Carbón activado en bloque	4,5"x10"	135 Lpm	2 PSI	8 - 125 PSI	Retiene cloro, olores, sabores y turbiedad.	Cada 6 meses	4 - 6 meses
Carbón activado granular	4,5"x10"	135 Lpm	2 PSI	8 - 125 PSI	Reduce sedimentos, olores, sabores y cloro residual.	Cada 6 meses	4 - 6 meses

5.8. Clorador en línea

- Unidad: u
- Descripción: Instalación de clorador en línea
- Procedimiento: El clorador se coloca después del filtro de polipropileno plisado de 10 micras, este se encarga de desinfectar el agua de cualquier patógeno, que podría encontrarse presente en el techo. Generalmente estos cloradores se emplean para la desinfección de piscinas, por lo que la concentración de cloro podría ser muy elevada para el consumo humano, de esta manera el agua se vuelve potable y sirve para fines higiénicos, desinfección y limpieza, pero la misma no es apta para el consumo humano y por lo tanto se debe calibrar el equipo para asegurar que el agua sea apta para el consumo; por lo que también se recomiendan pruebas y análisis de laboratorio junto a esta calibración para comprobar la calidad del agua, conforme la norma NTE INEN 1108.
- Materiales mínimos: Clorador en línea, accesorios de instalación (uniones, adaptadores, reducciones), pegamento CPVC, tacos Fisher con tornillo, tabla 50x40, limpiador de tubos (1 gal-4000cc), teflón
- Equipo mínimo: Herramienta menor, llave Stilson, llave inglesa, waípe, sierra de mano, metro.
- Mano de obra mínima calificada: Plomero, ayudante de plomero y albañil.

5.9. Válvulas de bola 32mm (1") con universal

- Unidad: u
- Descripción: Instalación de válvulas de paso
- Procedimiento: Las válvulas se colocarán en lugares donde sea necesario un corte de agua, también se emplearán para redireccionar el flujo de esta, direccionando el agua para el vaciado de tanques o para su uso en las instalaciones. Además, se emplearán para intercambiar bombas (Funcionamiento individual de cada bomba). Las válvulas soportarán una presión de trabajo de 145 PSI.
- Materiales mínimos: Válvula bola PVC Inyectada 32mm, pegamento CPVC, limpiador de tubos (1 gal-4000cc), teflón

- Equipo mínimo: Herramienta menor, llave Stilson, llave inglesa, waípe, sierra de mano, metro.
- Mano de obra mínima calificada: Plomero y ayudante de plomero.

5.10. Válvulas de bola 40mm (1 1/4") con universal

- Unidad: u
- Descripción: Instalación de válvulas de paso
- Procedimiento: Después de instalar el tanque inferior en la torre, se tendrá que instalar la tubería de 1 1/4", la cual cuenta con sus respectivas válvulas las cuales se emplearán como un corte general del agua, y además servirán para alternar el uso entre bombas. Estas válvulas son de mayor diámetro debido a que la succión de la bomba tiene mayor diámetro que la impulsión, y es de 1 1/4". Las válvulas soportarán una presión de trabajo de 145 PSI.
- Materiales mínimos: Válvula bola PVC Inyectada 40mm, pegamento CPVC, limpiador de tubos (1 gal-4000cc), teflón
- Equipo mínimo: Herramienta menor, llave Stilson, llave inglesa, waípe, sierra de mano, metro.
- Mano de obra mínima calificada: Plomero y Ayudante de plomero.

Válvula check de 1"

- Unidad: u
- Descripción: Instalación de válvula antirretorno
- Procedimiento: La válvula se colocará posterior a la filtración y cloración. Estas válvulas se suelen colocar en los sistemas de bombeo luego de la impulsión, evitando el retorno del agua.
- Materiales mínimos: Válvula check cuerpo de bronce 1", adaptadores macho 32mm a 1", limpiador de tubos (1 gal-4000cc), pegamento CPVC, teflón
- Equipo mínimo: Herramienta menor, llave Stilson, llave inglesa, waípe, sierra de mano, metro.
- Mano de obra mínima calificada: Plomero y Ayudante de plomero.

Tabla 64. - Características de la válvula check

Accesorio	Diámetro	Especificaciones Técnicas
Válvula Check Bronce	1” 1 ¼”	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Material: Bronce Fundido ➤ Tuerca y resorte: Acero Inoxidable ➤ Aplicación: administración y paso de fluidos ➤ Presión de Trabajo: 30 – 200 PSI ➤ Temperatura máxima de Operación: 80 °C

5.11. Llave para manguera

- Unidad: u
- Descripción: Instalación de llave de agua para manguera (vaciado tanques)
- Procedimiento: Esta llave será colocada en un ramal, adicional a la salida del tanque elevado en caso de que se desee vaciar los tanques, de esta manera se puede aprovechar el agua y almacenarla en depósitos adicionales para la higiene y limpieza. A su vez también se cuenta con otro ramal, el cual infiltrará el agua directamente al suelo en el vaciado. La llave será de bronce y debe contar con una rosca a la salida para ser conectada a una manguera, por lo que también puede servir para el riego de plantas.
- Materiales mínimos: Llave para manguera liviana, uniones, adaptadores, limpiador de tubos (1 gal-4000cc), pegamento CPVC, teflón
- Equipo mínimo: Herramienta menor, llave Stilson, llave inglesa, waípe, sierra de mano, metro.
- Mano de obra mínima calificada: Plomero y ayudante de plomero.

6. Instalación hidrosanitaria – Drenaje

6.1. Tubería desagüe PVC 75mm

- Unidad: m
- Descripción: Instalación tubería de PVC de 75mm
- Procedimiento: Después del replanteo y nivelación del terreno, se debe colocar una tubería de drenaje, la cual servirá para el desalojo del agua en el interior de la torre debido a que en el interior se encuentran aparatos hidrosanitarios. De esta manera se evitan daños en la losa y la acumulación de agua en el interior. Esta tubería será de PVC, y se le realizarán perforaciones para la infiltración del agua en el suelo. También habrá otra tubería de estas la cual saldrá desde el desviador de primeras aguas (colocado en las canaletas) hacia el tanque inferior, para la conducción del agua lluvia. Finalmente, se utilizará una pequeña sección de esta tubería para la ventilación y reboce del agua del tanque inferior, la cual tendrá una longitud de aproximadamente 60cm.
- Materiales mínimos: Tubo PVC 75mm, limpiador de tubos (1 gal-4000cc), pega tubo PVC, accesorios
- Equipo mínimo: Tubo PVCP 1 1/4" CD-40, pegamento CPVC (1/2 lt), limpiador de tubos (1 gal-4000cc), accesorios.
- Mano de obra mínima calificada: Plomero y ayudante de plomero.

Tubería	Diámetros Tuberías	Especificaciones Técnicas
Sanitaria PVC Desagüe y accesorios pegables (tees, yees, codos, uniones, adaptadores, bujes, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nominal: 110 mm ➤ Interior: 105.6 mm ➤ Espesor pared: 2.2 mm 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tubería para uso sanitario, unión con juntas por cementado solvente ✓ Material: Cloruro de Polivinilo (PVC) ✓ Superficie: Interna y externa lisas sin grietas, fisuras, perforaciones o incrustaciones ✓ Cumple con Normativa: NTE INEN 1374 (2009)
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nominal: 75 mm ➤ Interior: 71.0 mm ➤ Espesor pared: 2.0 mm 	

6.2. Desviador primeras aguas

- Unidad: u
- Descripción: Instalación depósito para limpieza del techo con primera agua de la lluvia
- Procedimiento: Previo a la colocación de la tubería de 25mm para la conducción del agua lluvia hacia el tanque, se debe construir un depósito para evacuar las primeras aguas de la lluvia, debido a que estas limpiarán el techo de partículas contaminantes. Los desviadores están diseñados para retener un volumen de 75 litros de agua, lo equivalente a un volumen de limpieza de 0.5 a 0.75 l/m². El desviador se colocará sujeto a la pared mediante cinta metálica y tornillos, los cuales se colocarán en las uniones de las Tee's que tienen mayor espesor y resistencia. También se colocará un adaptador para limpieza, que servirá como tapa de este depósito, la cual deberá abrirse luego de cada lluvia para evacuar el agua que se encuentre almacenada en el mismo. Tanto los accesorios como las tuberías cumplen con los estándares de la NTE INEN 1374.
- Materiales mínimos: Tubo PVCD 110mm, Tee PVC 110mm con reducción a 75 mm, Tee PVC 110mm, adaptador de limpieza, codos PVC E/C, rejilla tipo cúpula/campana, rejilla interna (sobrepuesta para cocina), abrazaderas (con cinta hilty), limpiador de tubos (1 gal-4000cc), tacos Fisher con tornillo, pega tubo PVC
- Equipo mínimo: Tubo PVCP 1 1/4" CD-40, pegamento CPVC (1/2 lt), limpiador de tubos (1 gal-4000cc), accesorios, taladro, destornillador, herramienta menor.
- Mano de obra mínima calificada: Plomero y Ayudante de plomero.

7. Instalaciones eléctricas

7.1. Instalación eléctrica para control y activación de bombas

- Unidad: u
- Descripción: Instalación de tableros, electroniveles, cables, y equipos de protección para funcionamiento de las bombas
- Procedimiento: Una vez colocadas las bombas, se debe instalar un sistema de control para suministrar agua hacia el tanque elevado de manera automática, este sistema se compone de un interruptor general termomagnético, un disyuntor diferencial para proteger a las personas de posibles corrientes residuales, un

guardamotor para proteger a las bombas, y luces piloto que ayudarán para conocer el estado de llenado de los tanques y del funcionamiento de las bombas.

- Materiales mínimos: Caja de paso metálica 20x20x10cm, gabinete metálico 30x20x15, electronivel (flotador eléctrico, sensor de nivel), interruptor termomagnético 2PSH202-C10, disyuntor diferencial, luz led piloto verde 22mm 12/440vac, luz led piloto roja 22mm 12/440vac, luz led piloto amarilla 22mm 12/440vac, guardamotor 6,3-10^a, conmutador/selector metálico 20Amp, cable concéntrico 2x14awg, riel din 35mmx1m, tacos Fisher con tornillo, tubo corrugado para cable 1/2", guardacables, cinta aislante (taipe) 19mmx9mx0,13mm.
- Equipo mínimo: Taladro, guantes aislantes.
- Mano de obra mínima calificada: Electricista, y Ayudante de electricista.

7.2. Punto de Luz

- Unidad: pto
- Descripción: Instalación de luz al interior de la torre
- Procedimiento: Se debe colocar una bombilla dentro de la torre para iluminación. Este punto es una toma básica, que consiste en un interruptor simple y su respectiva bombilla.
- Materiales mínimos: Alambre galvanizado No.18, alambre sólido THHN 12 AWG, cajetín PVC octogonal, cajetín PVC rectangular, tubo corrugado para cable 1/2", interruptor simple, boquilla colgante sencilla de baquelita, cinta aislante (taipe) 19mmx9mx0,13mm, tacos Fisher con tornillo
- Equipo mínimo: Taladro, guantes aislantes.
- Mano de obra mínima calificada: Electricista, y Ayudante de electricista.

8.3 Anexo C. Cálculo Estructura Metálica

El diseño estructural de la “ESTRUCTURA PARA SOPORTE DE TANQUES DE AGUA” ha sido realizado de acuerdo con las últimas normas y recomendaciones para estructuras sismo-resistentes, y de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015.

El proyecto es regular, cuenta con columnas, vigas principales de acero en conjunto con losas deck y cubierta liviana.

El sistema estructural está conformado por pórticos dúctiles en sentido longitudinal y en el sentido transversal, conformando un sistema portante ante cargas verticales y cargas sísmicas, que en conjunto conforman una estructura espacial dúctil, con una capacidad de plastificación moderada.

✓ Geometría del proyecto

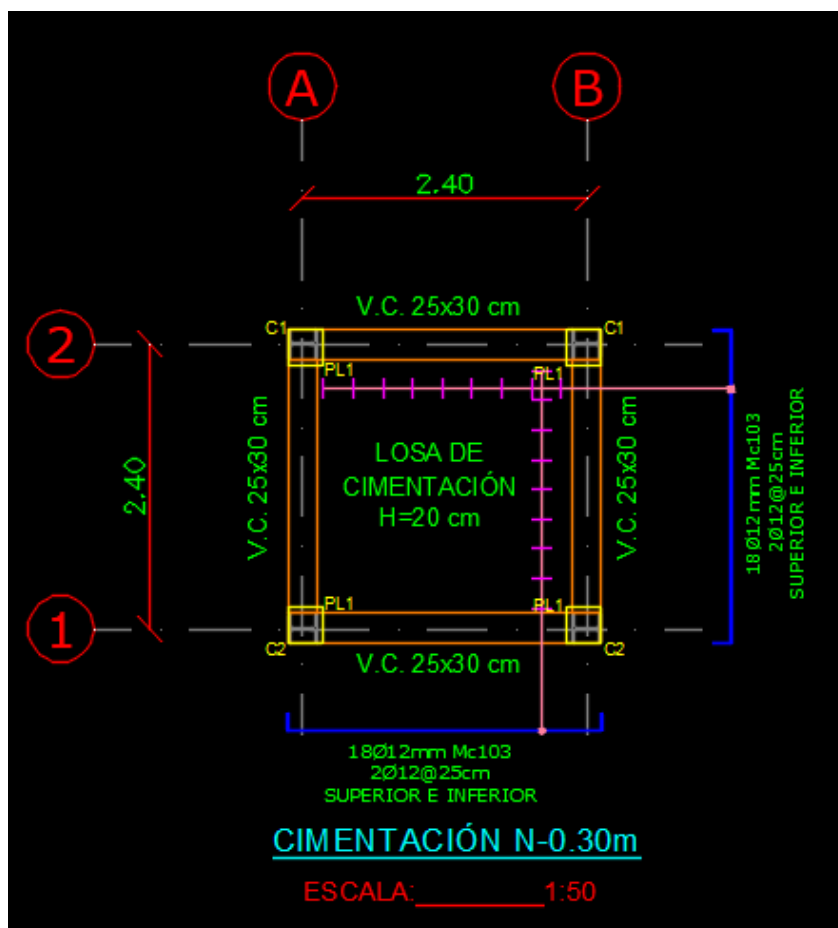


Ilustración 93. - Geometría y cotas de la cimentación

Cargas de diseño y combinaciones de carga

- Cargas de Entrepiso
- Carga Muerta 1400 kg/m²
- Carga Viva 200 kg/m²
- Carga Total 1600 kg/m²
- Cargas de Losas Inaccesibles
- Carga Muerta 50 kg/m²
- Carga Viva 80 kg/m²
- Carga Total 130 kg/m²

*El peso propio de la estructura lo determina automáticamente el programa de diseño estructural.

Coefficiente Sísmico: NEC 2015

Calculado mediante la siguiente fórmula:

$$V = \frac{IS\alpha(T\alpha)}{R\phi_P\phi_E} W$$

Ecuación 14. -Cálculo del coeficiente sísmico

Donde:

- Z: Representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad.

Esmeraldas, Ecuador Z= 0.5

I: El propósito del factor de importancia es incrementar la demanda sísmica de diseño para estructuras, que por sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño.

Para el proyecto se consideró el factor I= 1

El tipo de Suelo se lo consideró tipo D, de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC 2015) y las recomendaciones del estudio de suelos.

- R: Factor de reducción de las fuerzas sísmicas de diseño. (R=2)
- \emptyset = Factor de configuración estructural en planta y en elevación.
- La estructura es regular en planta y elevación, por lo que se consideró el factor $\emptyset= 1$

El valor del Corte Basal del proyecto fue determinado considerando las incertidumbres en el tipo de suelo, el tipo de estructura a edificarse y las limitaciones del NEC 2015.

Tabla 65.- Corte Basal NEC 2015

Z=	0.5
Tipo de perfil=	D
Fa=	1.12
Fd=	1.11
Fs=	1.40
r=	1.00
η =	2.48
Tc=	0.76
TL=	2.66
Sa=	1.39

To=	0.1388
-----	--------

hn (m)=	8.2
Ct=	0.072
α =	0.800
T=	0.388

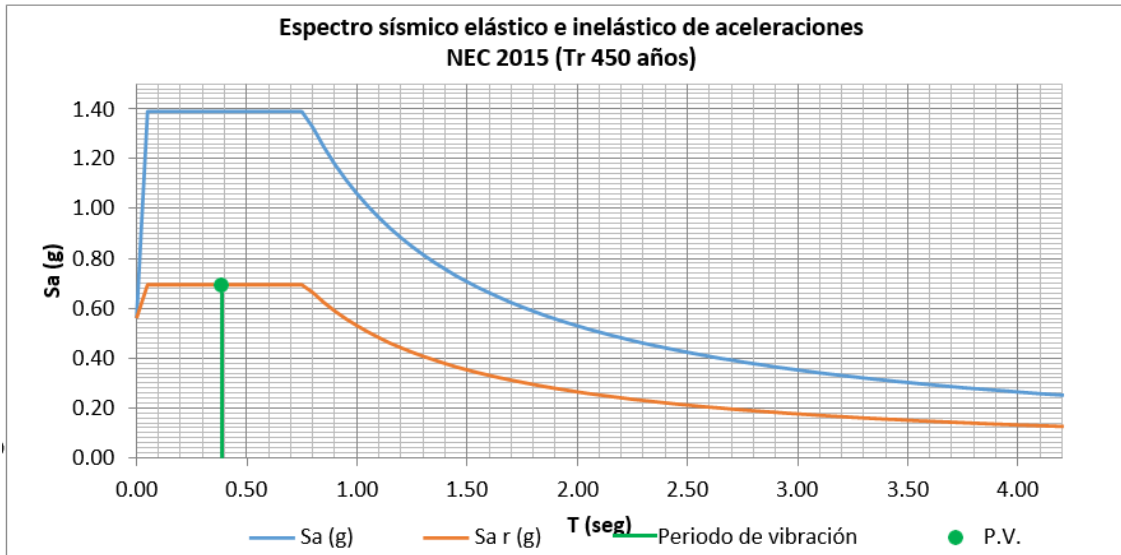


Ilustración 94. - - Espectro sísmico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

Tabla 66. - Factores considerados para el diseño estructural

$V = 69.44\% W$

I =	1
$\phi_p =$	1
$\phi_e =$	1
R =	2

Para el cálculo de la estructura de la estructura para el soporte de tanques de agua el corte basal último es 0.6944 W.

W= Peso total de la estructura

Combinaciones de Carga: NEC-SE-CG 2015

En el diseño se utilizaron las siguientes combinaciones de carga tomadas de la NEC (2015):

<u>Combinación 1</u>
1.4 D
<u>Combinación 2</u>
1.2 D + 1.6 L + 0.5max[L_r ; S ; R]
<u>Combinación 3*</u>
1.2 D + 1.6 max[L_r ; S ; R] + max[L ; 0.5W]
<u>Combinación 4*</u>
1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 max[L_r ; S ; R]
<u>Combinación 5*</u>
1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S
<u>Combinación 6</u>
0.9 D + 1.0 W
<u>Combinación 7</u>
0.9 D + 1.0 E
<small>*Para las combinaciones 3, 4 y 5: L=0.5 kN/m² si L₀≤4.8 kN/m² (excepto para estacionamientos y espacios de reuniones públicas).</small>

Ilustración 95. - Combinaciones de carga consideradas

Materiales y especificaciones técnicas

Resistencia cilíndrica del hormigón en cimentación:	$f^c=210 \text{ kg/cm}^2$
Esfuerzo de Fluencia del acero de refuerzo:	$f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$
Acero Estructural ASTM A36:	$f_y=2,530 \text{ kg/cm}^2$
Esfuerzo admisible del Suelo:	$\sigma=10 \text{ T/m}^2$

Ingreso de materiales al programa Etabs:

Propiedades del Hormigón:

The image displays two screenshots of the ETABS software interface, showing the 'Material Property Data' and 'Material Property Design Data' dialog boxes for defining concrete material properties.

Material Property Data Dialog:

- General Data:**
 - Material Name: f'c=210kg/cm2
 - Material Type: Concrete
 - Directional Symmetry Type: Isotropic
 - Material Display Color: [Color Selection] Change...
 - Material Notes: Modify/Show Notes...
- Material Weight and Mass:**
 - Specify Weight Density (Selected) / Specify Mass Density
 - Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³
 - Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s²/m⁴
- Mechanical Property Data:**
 - Modulus of Elasticity, E: 1898370.35 tonf/m²
 - Poisson's Ratio, U: 0.2
 - Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C
 - Shear Modulus, G: 790987.65 tonf/m²
- Design Property Data:**
 - Modify/Show Material Property Design Data...
- Advanced Material Property Data:**
 - Nonlinear Material Data...
 - Material Damping Properties...
 - Time Dependent Properties...
- Modulus of Rupture for Cracked Deflections:**
 - Program Default (Based on Concrete Slab Design Code) (Selected)
 - User Specified

Material Property Design Data Dialog:

- Material Name and Type:**
 - Material Name: f'c=210kg/cm2
 - Material Type: Concrete, Isotropic
 - Grade:
- Design Properties for Concrete Materials:**
 - Specified Concrete Compressive Strength, f_c: 2400 tonf/m²
 - Lightweight Concrete (Unselected)
 - Shear Strength Reduction Factor:

Ilustración 96. – Ingreso de datos en el programa ETABS: Propiedades del Hormigón

Propiedades del Acero Estructural:

The image displays two screenshots of the ETABS software interface, showing the 'Material Property Data' and 'Material Property Design Data' dialog boxes for structural steel.

Material Property Data Dialog:

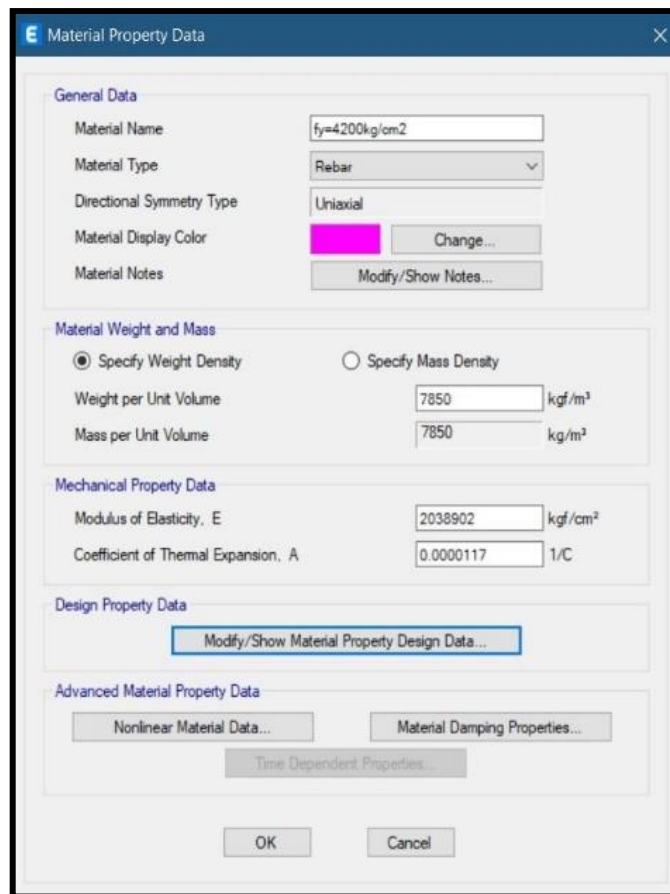
- General Data:**
 - Material Name: A36
 - Material Type: Steel
 - Directional Symmetry Type: Isotropic
 - Material Display Color: [Green Color] Change...
 - Material Notes: Modify/Show Notes...
- Material Weight and Mass:**
 - Specify Weight Density Specify Mass Density
 - Weight per Unit Volume: 7850 kg/m³
 - Mass per Unit Volume: 7850 kg/m³
- Mechanical Property Data:**
 - Modulus of Elasticity, E: 2038902 kgf/cm²
 - Poisson's Ratio, U: 0.3
 - Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C
 - Shear Modulus, G: 784193.08 kgf/cm²
- Design Property Data:**
 - Modify/Show Material Property Design Data...
- Advanced Material Property Data:**
 - Nonlinear Material Data...
 - Material Damping Properties...
 - Time Dependent Properties...
- Buttons: OK, Cancel

Material Property Design Data Dialog:

- Material Name and Type:**
 - Material Name: A36
 - Material Type: Steel, Isotropic
 - Grade: [Empty Field]
- Design Properties for Steel Materials:**
 - Minimum Yield Stress, Fy: 2530 kgf/cm²
 - Minimum Tensile Strength, Fu: 4080 kgf/cm²
 - Expected Yield Stress, Fye: 3796.58 kgf/cm²
 - Effective Tensile Strength, Fue: 4485.58 kgf/cm²
- Buttons: OK, Cancel

Ilustración 97. - Ingreso de datos en el programa ETABS: Propiedades del acero estructural

Propiedades del Acero de refuerzo



The image shows a dialog box titled "Material Property Data" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is organized into several sections:

- General Data:**
 - Material Name:
 - Material Type: (dropdown menu)
 - Directional Symmetry Type:
 - Material Display Color:
 - Material Notes:
- Material Weight and Mass:**
 - Specify Weight Density Specify Mass Density
 - Weight per Unit Volume: kgf/m³
 - Mass per Unit Volume: kg/m³
- Mechanical Property Data:**
 - Modulus of Elasticity, E: kgf/cm²
 - Coefficient of Thermal Expansion, A: 1/C
- Design Property Data:**
 -
- Advanced Material Property Data:**
 -
 -
 -

At the bottom of the dialog are two buttons: and .

Ilustración 98. - Ingreso de datos en el programa ETABS: Propiedades del acero de refuerzo

Material Property Design Data

Material Name and Type

Material Name:

Material Type:

Grade:

Design Properties for Rebar Materials

Minimum Yield Strength, Fy: kgf/cm²

Minimum Tensile Strength, Fu: kgf/cm²

Expected Yield Strength, Fye: kgf/cm²

Expected Tensile Strength, Fue: kgf/cm²

OK Cancel

Ilustración 99. - Ingreso de datos en el programa ETABS: Propiedades de las secciones

Ingreso de secciones al programa ETABS:

The screenshot shows the 'Frame Section Property Data' dialog box for a column section. The 'General Data' section includes: Property Name: HEB200, Material: A36, Display Color: (empty), and Notes: (empty). The 'Shape' section shows: Section Shape: Steel IWide Flange. The 'Section Property Source' section shows: Source: Nordic. The 'Section Dimensions' section includes: Total Depth: 0.2 m, Top Flange Width: 0.2 m, Top Flange Thickness: 0.015 m, Web Thickness: 0.009 m, Bottom Flange Width: 0.2 m, Bottom Flange Thickness: 0.015 m, and Fillet Radius: 0.018 m. The 'Property Modifiers' section shows: Modify/Show Modifiers... Currently Default. A diagram of an I-beam section is shown on the right with axes 2 and 3. Buttons for 'Show Section Properties...', 'OK', and 'Cancel' are present.

Ilustración 100. - Ingreso de datos en el programa ETABS: Propiedades columnas

Vigas Principales:

The screenshot shows the 'Frame Section Property Data' dialog box for a main beam section. The 'General Data' section includes: Property Name: IPE240, Material: A36, Display Color: (empty), and Notes: (empty). The 'Shape' section shows: Section Shape: Steel IWide Flange. The 'Section Property Source' section shows: Source: ArcelorMittal_Europe. The 'Section Dimensions' section includes: Total Depth: 0.24 m, Top Flange Width: 0.12 m, Top Flange Thickness: 0.0098 m, Web Thickness: 0.0062 m, Bottom Flange Width: 0.12 m, Bottom Flange Thickness: 0.0098 m, and Fillet Radius: 0 m. The 'Property Modifiers' section shows: Modify/Show Modifiers... Currently Default. A diagram of an I-beam section is shown on the right with axes 2 and 3. Buttons for 'Show Section Properties...', 'OK', and 'Cancel' are present.

Ilustración 101. - Ingreso de datos en el programa ETABS: Propiedades de vigas principales

Vigas Secundarias:

Ilustración 102. - Ingreso de datos en el programa ETABS: Propiedades de vigas secundarias

Losa:

Ilustración 103. - Ingreso de datos en el programa ETABS: Propiedades de la losa

Escaleras:

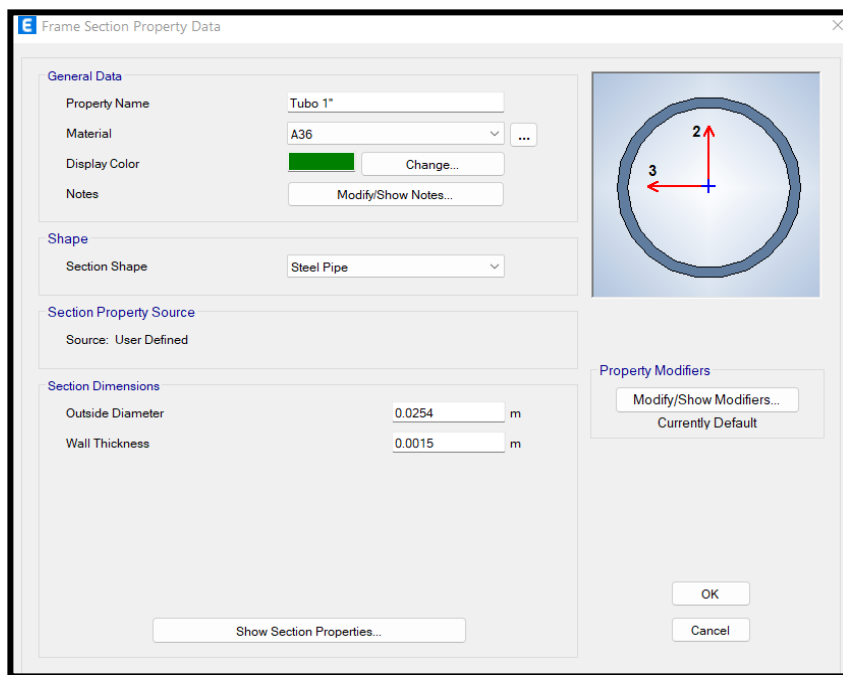


Ilustración 104. - Ingreso de datos en el programa ETABS: Propiedades de las escaleras

Análisis estructural

- El análisis estructural se lo realizó utilizando el programa ETABS V20, en base al modelo de pórtico espacial regular, conformado por columnas, vigas principales, muros de subsuelo de hormigón.
- De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la construcción NEC 2015 la carga lateral estática última fue valorada en base al 69.44% del peso de la estructura, la que fue distribuida en base a los modos de vibración naturales de la estructura.
- Se utilizó el modelo matemático para carga sísmica, que determina 3 grados de libertad por nudo, para obtener resultados próximos al comportamiento real de la estructura.

Normas técnicas

- El proyecto estructural de la cubierta fue diseñado en base a las Especificaciones de las normas ACI 318-2019, Especificaciones para Edificios de Hormigón Armado Estructural, ANSI/AISC 360- 2016, Especificaciones para Edificios de Acero Estructural, ANSI/AISC 341-2016, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings; Las cuales se cumplen en su totalidad con mucha solvencia.
- La NEC-2015, Norma Ecuatoriana de Construcción, fue aplicada en lo referente a cargas verticales y cargas sísmicas.
- Sistema estructural para resistencia sísmica
- El sistema estructural está conformado por columnas, vigas principales y secundarias de acero estructural, en conjunto con losas tipo deck con una altura total de 12 cm, los cuales en conjunto generan un pórtico dual, cuyos pórticos planos están ubicados en los ejes principales longitudinales y transversales de la estructura.
- El sistema estructural en conjunto conforma una estructura espacial dúctil, diseñada con un alto grado de capacidad de plastificación.

Fuerza sísmica aplicada

Cargas sísmicas generadas:

E Load Pattern Definitions - Auto Seismic - User Coefficient									
File Edit Format-Filter-Sort Select Options									
Units: As Noted Hidden Columns: Yes Sort: None Load Pattern Definitions - Auto Seismic - User Coefficient									
Filter: None									
	Name	Is Auto Load	Ecc Ratio	Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used tonf	Base Shear tonf
▶	Sx-	No	0.05	N+8.20 m	N+0.00 m	0.694	1	11.59156	8.0445
	Sx+	No	0.05	N+8.20 m	N+0.00 m	0.694	1	11.59156	8.0445
	Sy-	No	0.05	N+8.20 m	N+0.00 m	0.694	1	11.59156	8.0445
	Sy+	No	0.05	N+8.20 m	N+0.00 m	0.694	1	11.59156	8.0445

Ilustración 105.- Resultados del Programa: Fuerzas Sísmicas

Derivas elásticas calculadas (Máx. 0.00788):

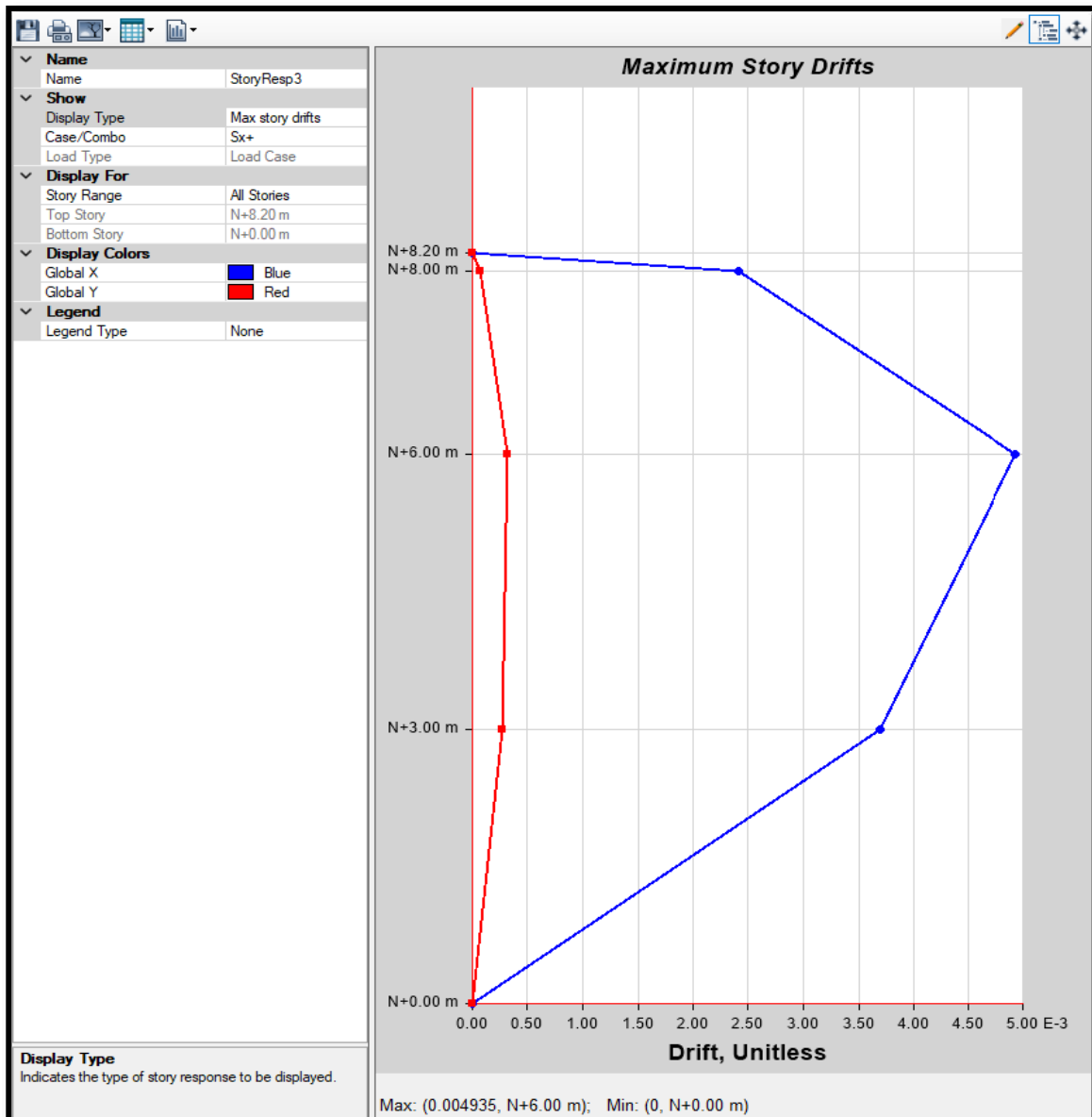


Ilustración 106. - Resultados del Programa: Derivas elásticas

Deriva máxima Sentido XX ($D_x = 0.004935$)

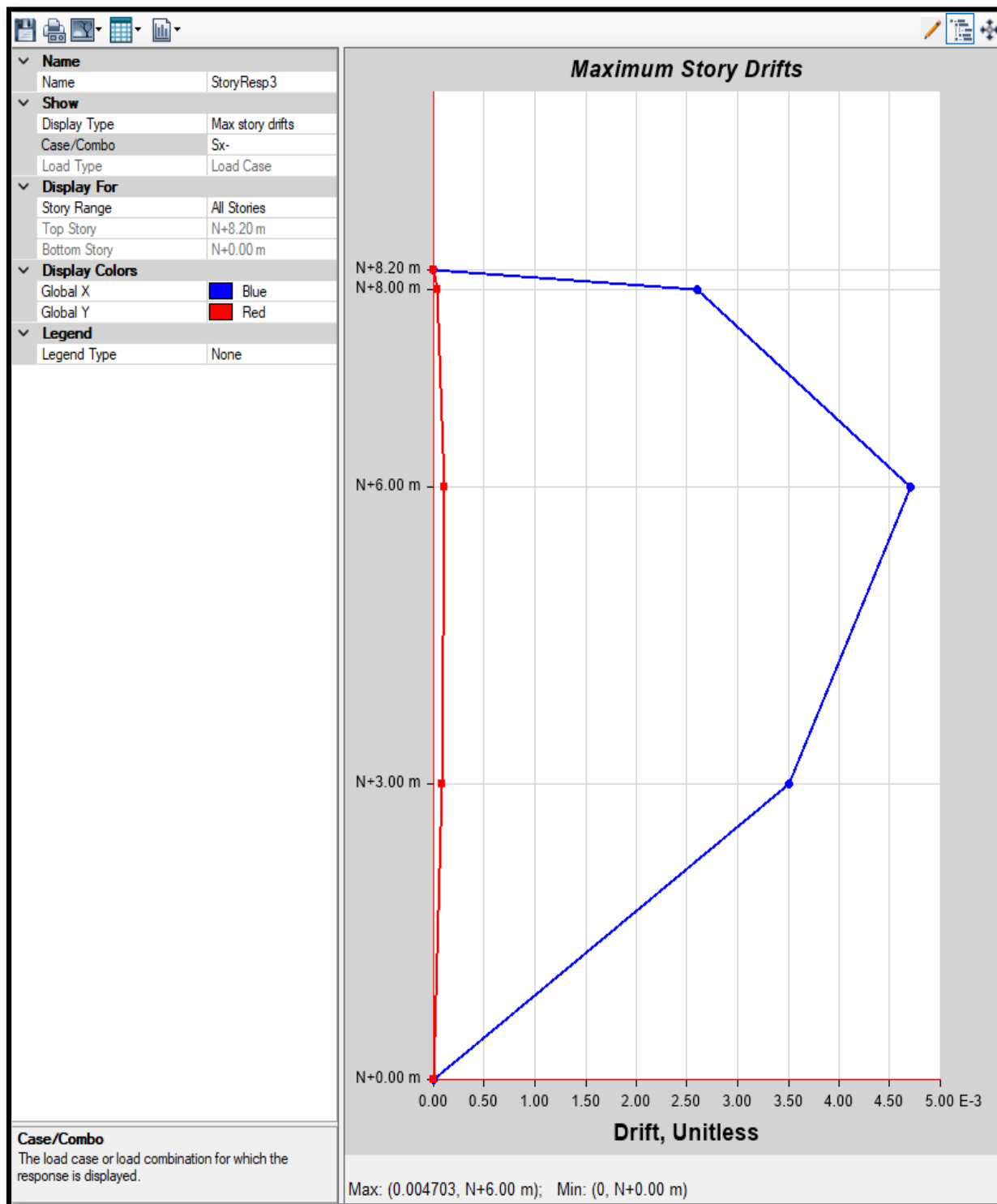


Ilustración 107. - Resultados del Programa: Derivas máximas XX

Derivas máximo Sentido YY ($D_y = 0.00788$)

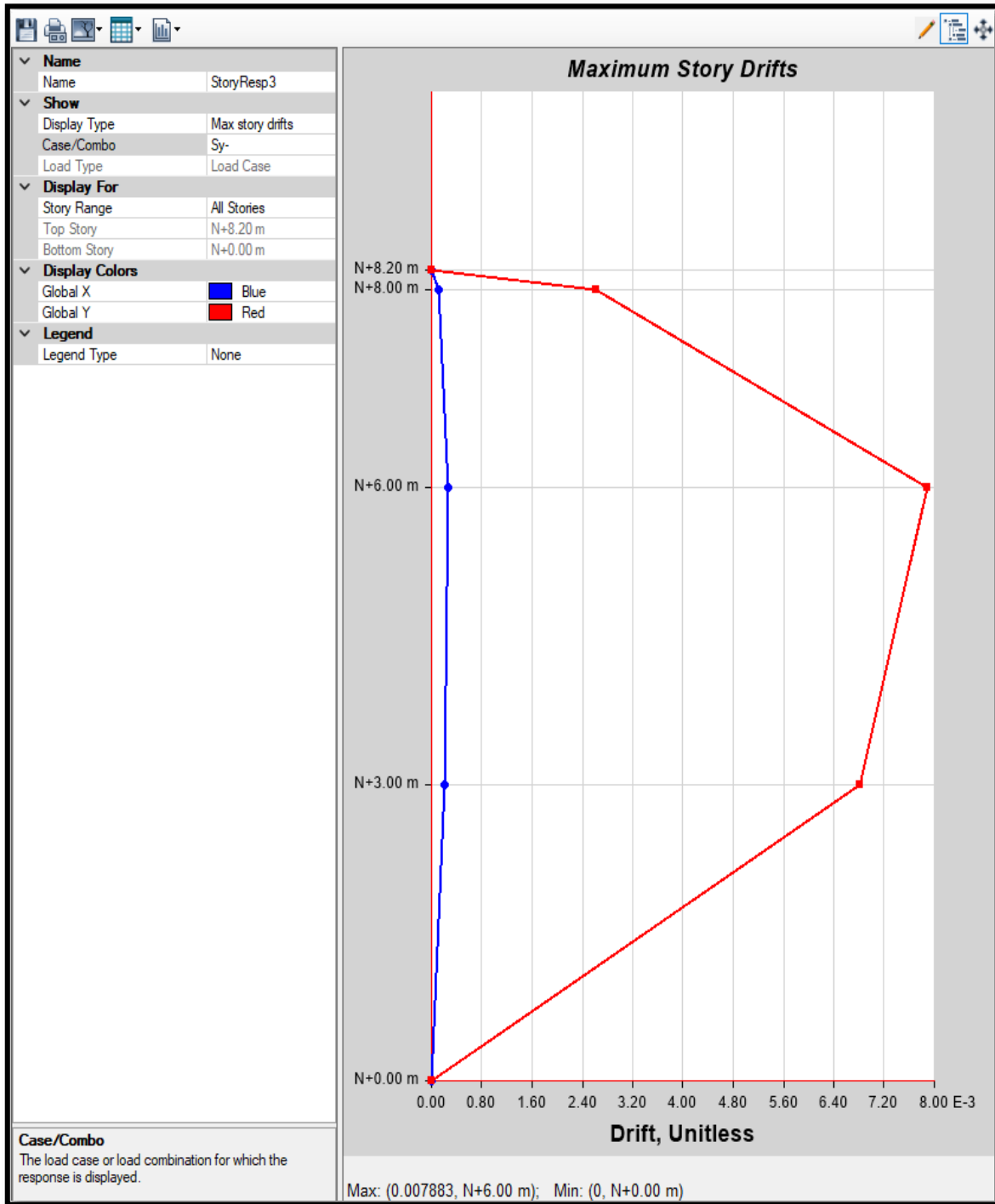


Ilustración 108. - Resultados del Programa: Derivas máximas Y

Derivas Inelásticas:

Las derivas inelásticas deben tener un valor menor a 0.02 (2.00%) según el NEC 2015.

- Sentido xx Deriva= $0.004935 \times 2 \times 0.75 = 0.00740$ (0.740%)
- Sentido yy Deriva= $0.007888 \times 2 \times 0.75 = 0.01182$ (1.182%)

Las derivas cumplen con un valor menor al 2%.

Cimentación

- El diseño de la cimentación se lo realizó por medio del programa ETABS V20, tomando en cuenta las cargas provenientes de la estructura.
- Se escoge realizar cimentación en base a un sistema de vigas y losa de cimentación, cuyos resultados se presentan a continuación cumpliendo satisfactoriamente todos los requerimientos.

Geometría y dimensiones de las cimentaciones:

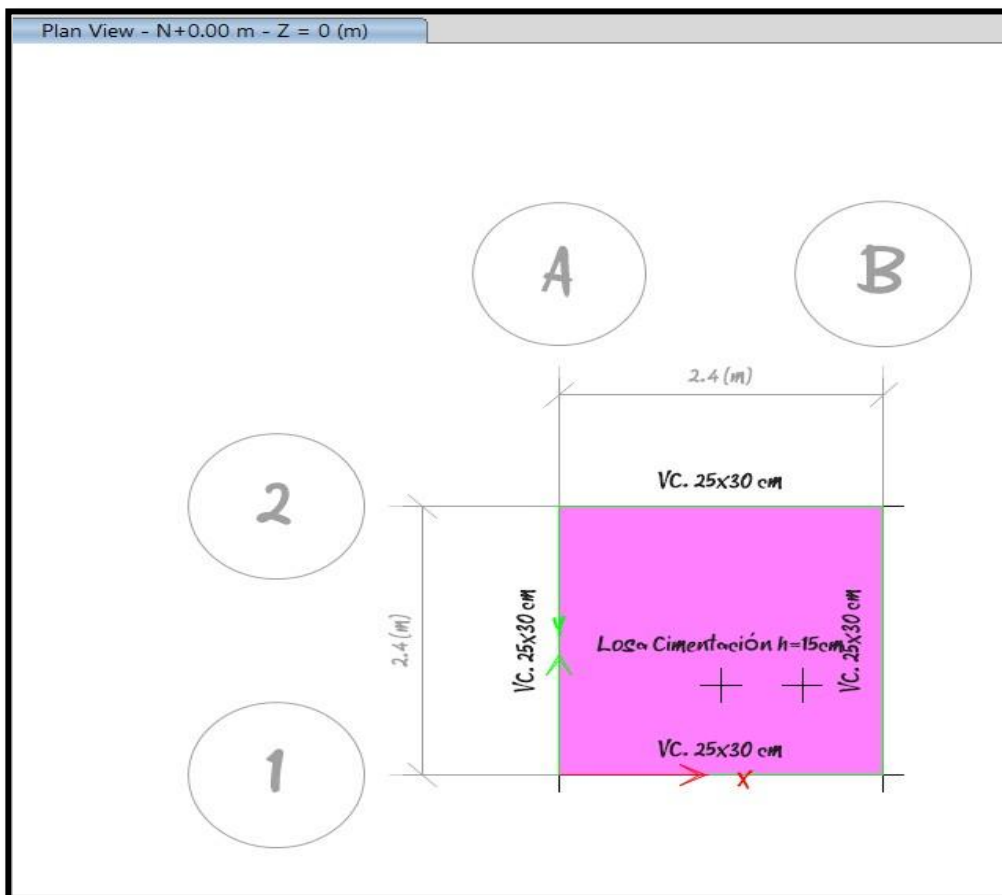


Ilustración 109. - Geometría de la Cimentación N+0.00

Esfuerzos en el Suelo:

El esfuerzo del suelo producto de las cargas de servicio es menor al esfuerzo admisible del suelo de 10 T/m².

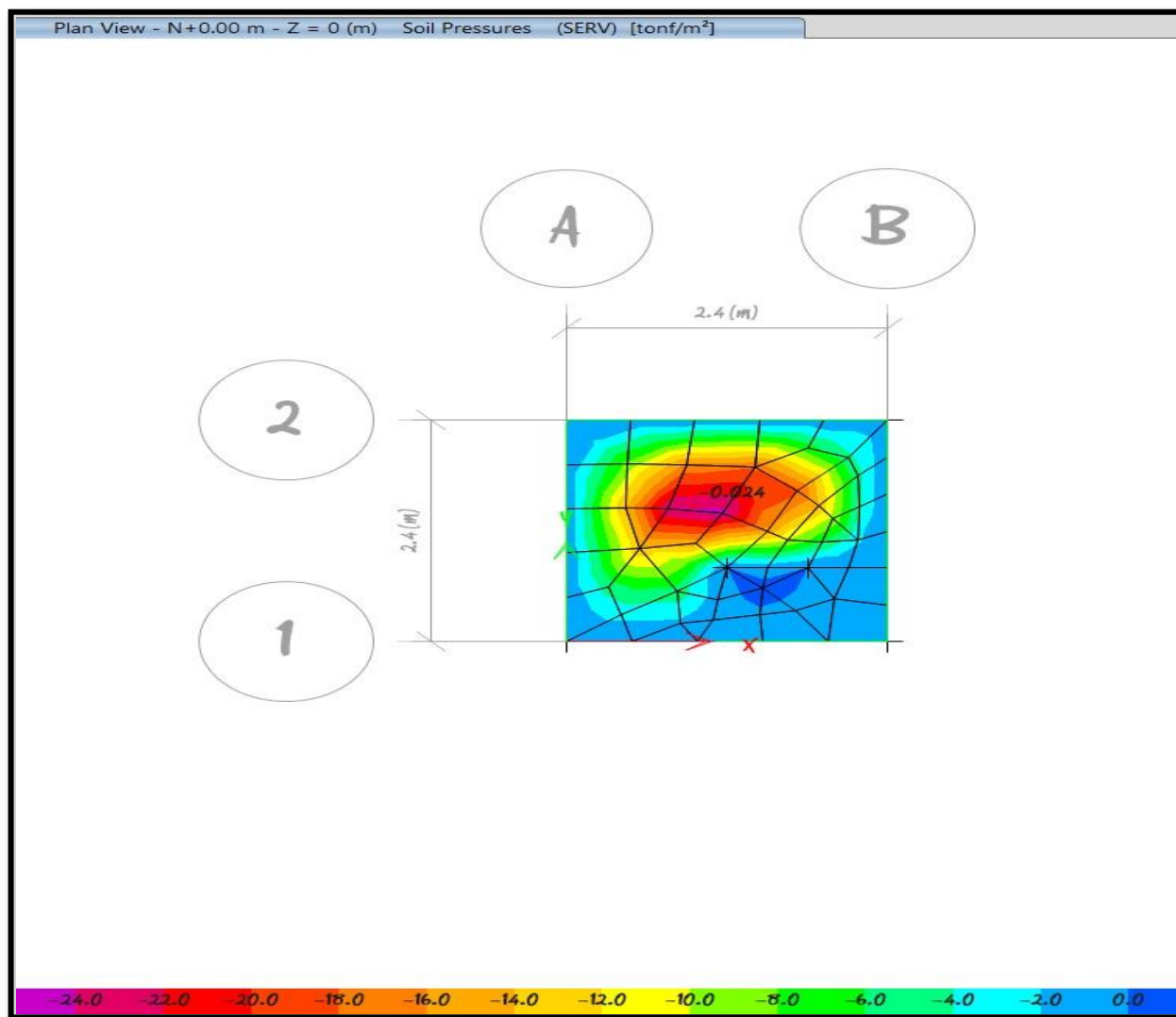


Ilustración 110. - Esfuerzos en el suelo cimentación N+0.00m

El esfuerzo del suelo producto de las cargas de servicio más el sismo de diseño es menor al esfuerzo admisible del suelo mayorado en 33%, igual a 13.30 T/m²

Asentamientos en el suelo:

El asentamiento máximo del suelo producto de las cargas de servicio es menor al asentamiento máximo admisible del suelo de 10 mm.

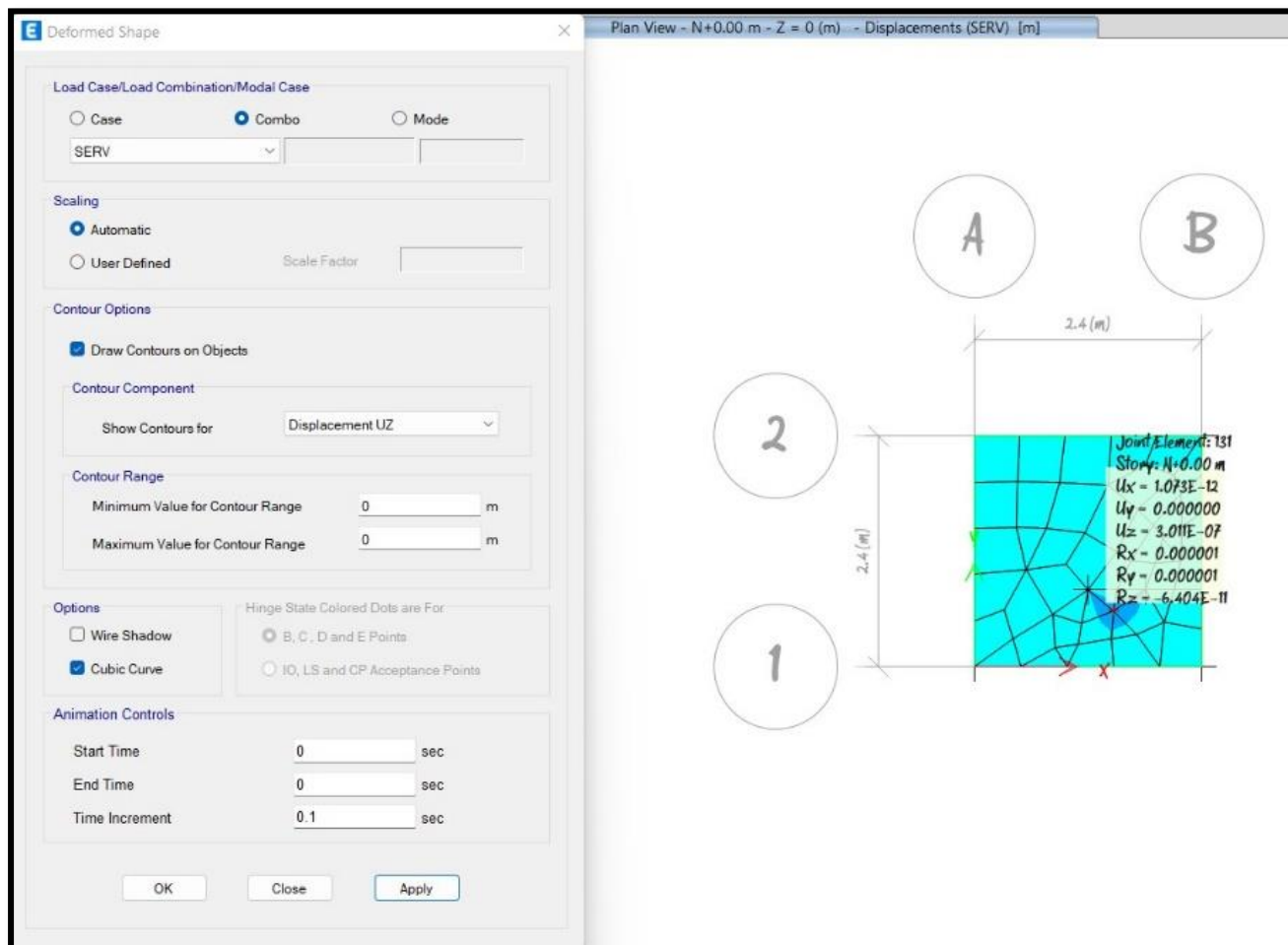


Ilustración 111. - Asentamiento máximo en el suelo

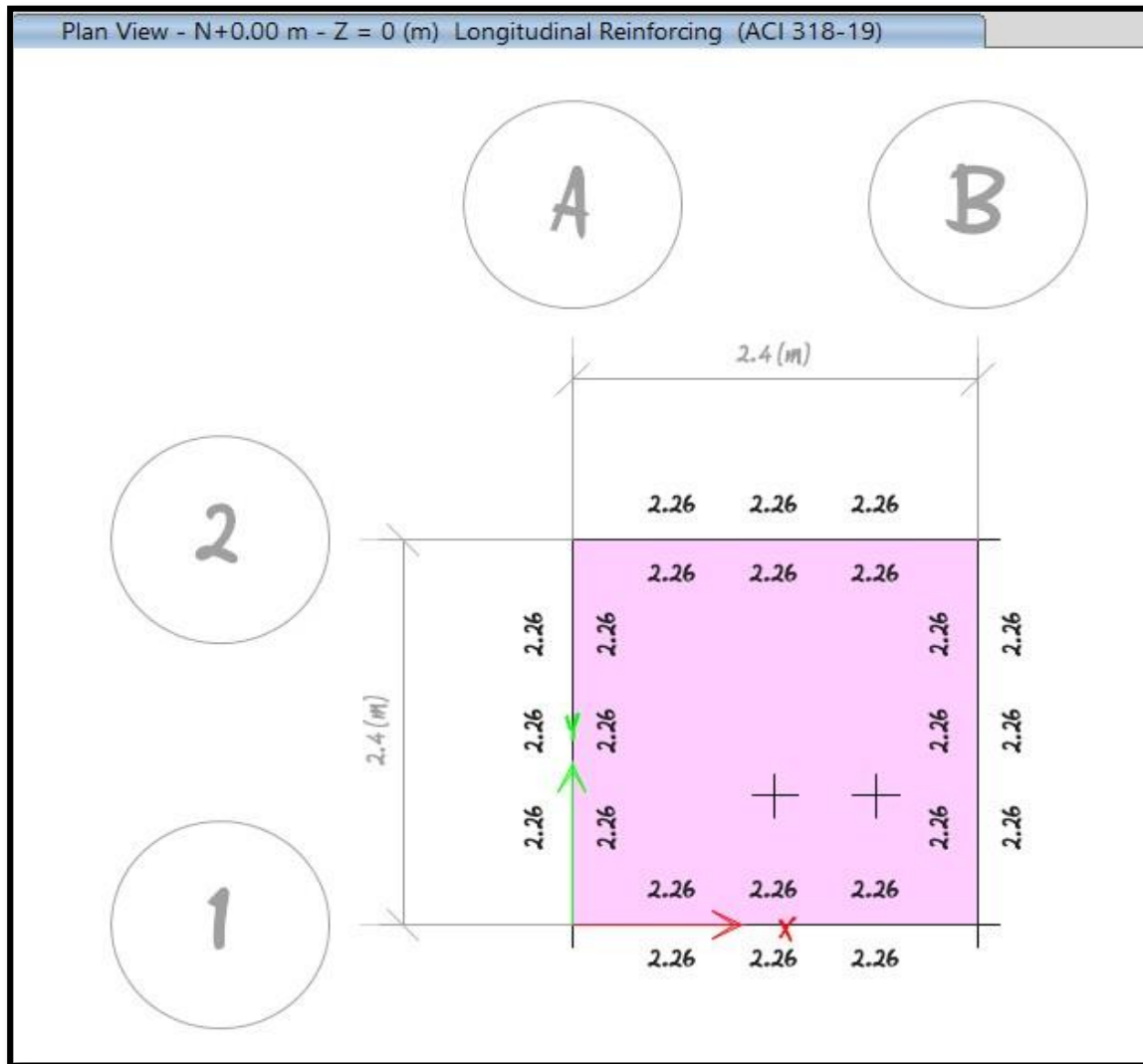
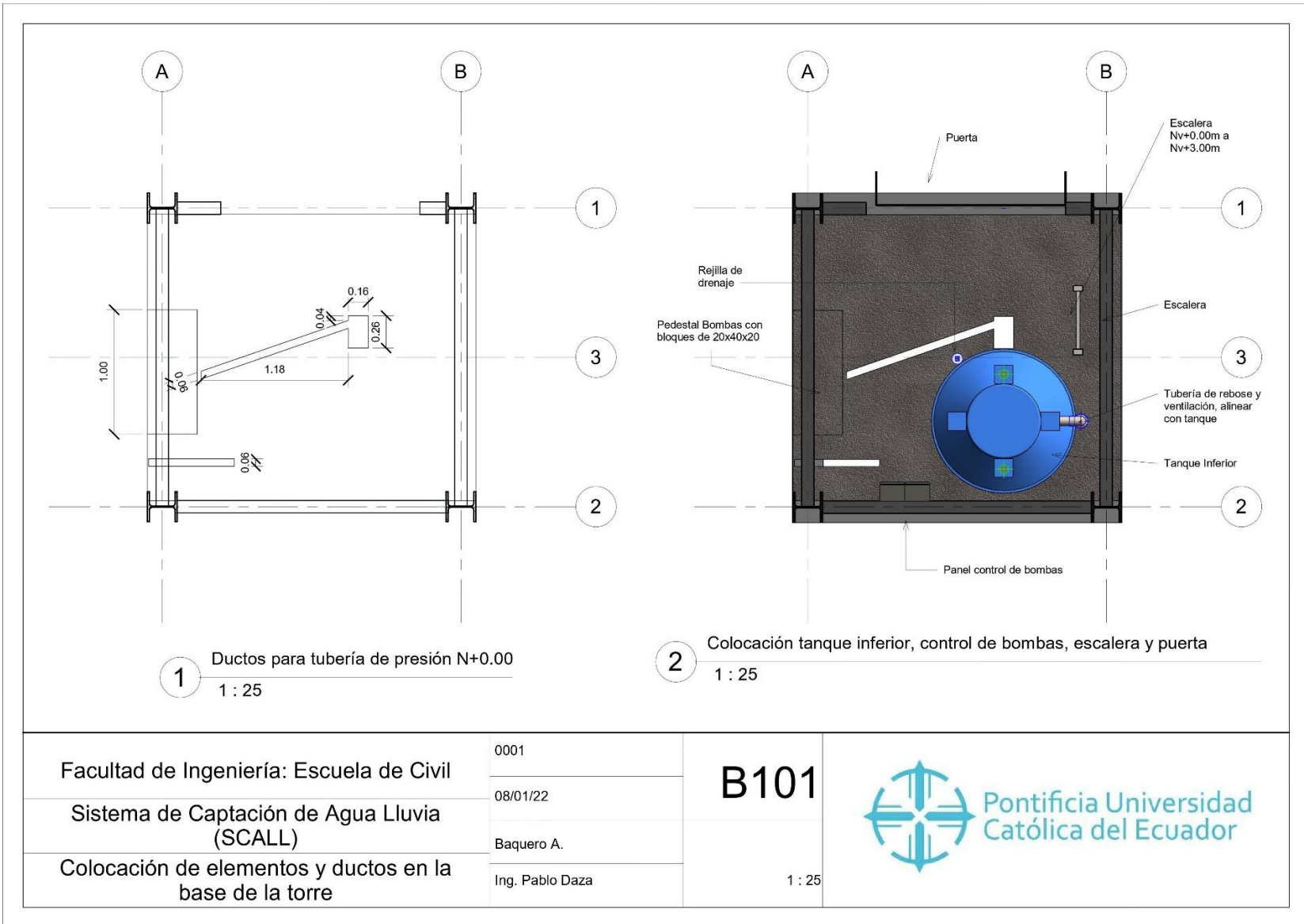


Ilustración 112. - Asentamiento máximo del suelo

- La estructura presenta un buen comportamiento sismo-resistente, que cumple satisfactoriamente con los requisitos establecidos en la NEC-2015, ACI 318-19, AISC 360-16.
- Los esfuerzos en la cimentación son menores a los esfuerzos admisibles del suelo.
- Se cumple con los límites de las derivas elásticas e inelásticas en sentido xx y sentido yy dispuestos en la NEC-2015.
- Se cumplen satisfactoriamente las solicitaciones en columnas, vigas y losas.
- Se cumplen los requerimientos de participación de la masa modal, y de igual manera los movimientos de traslación tanto en xx como en yy en los dos primeros modos de vibración y con el periodo máximo de vibración determinado en la norma.

8.5 Anexo E. Colocación de elementos y ductos en base de la torre



Facultad de Ingeniería: Escuela de Civil

Sistema de Captación de Agua Lluvia (SCALL)

Colocación de elementos y ductos en la base de la torre

0001

08/01/22

Baquero A.

Ing. Pablo Daza

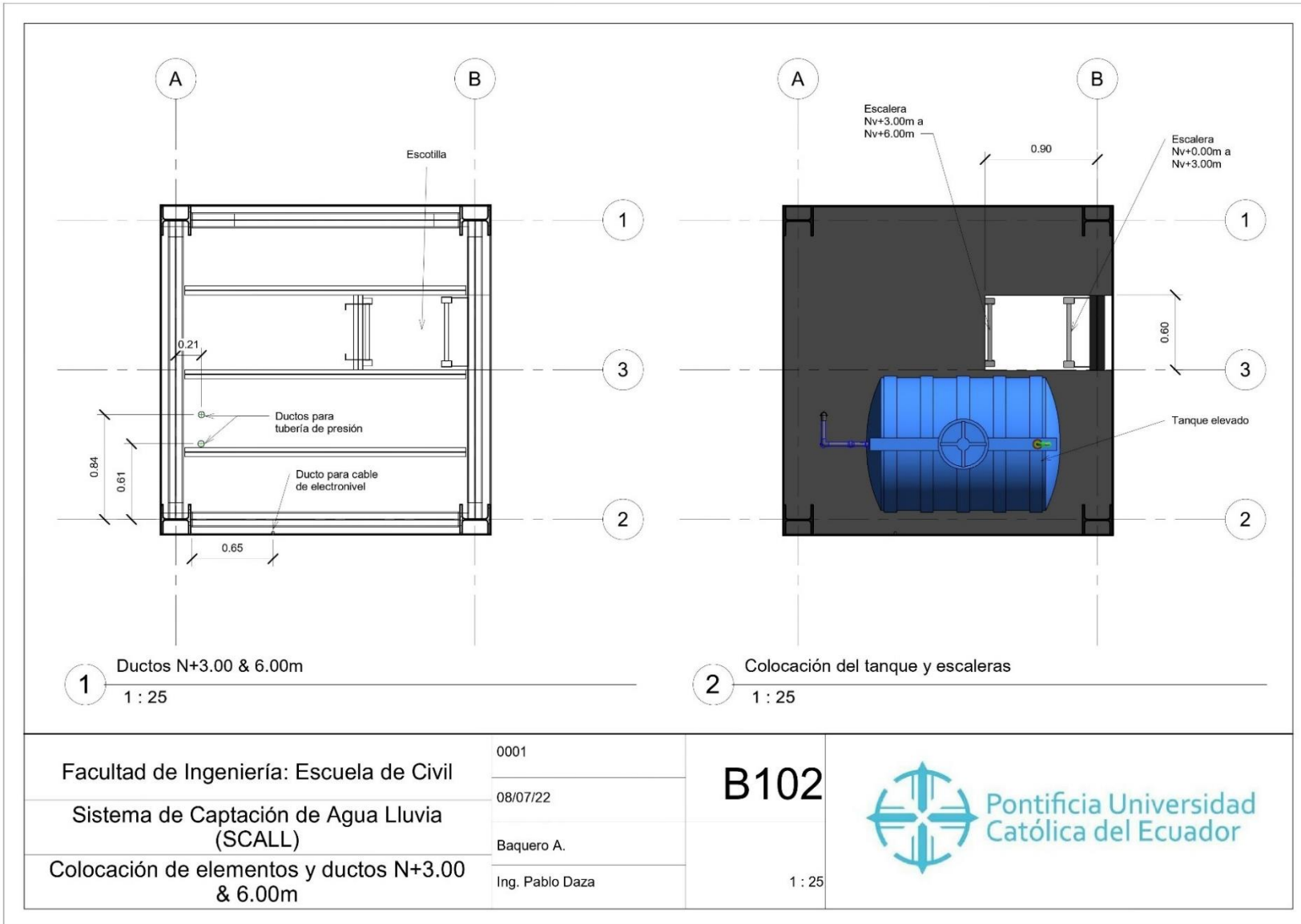
B101

1 : 25

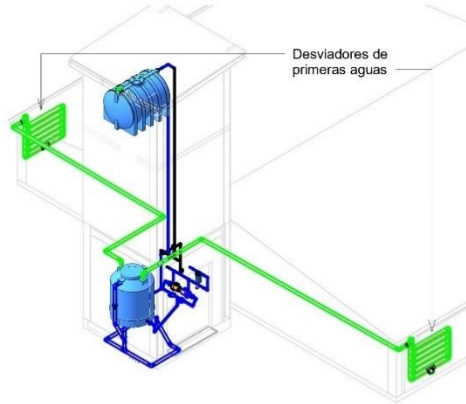


Pontificia Universidad Católica del Ecuador

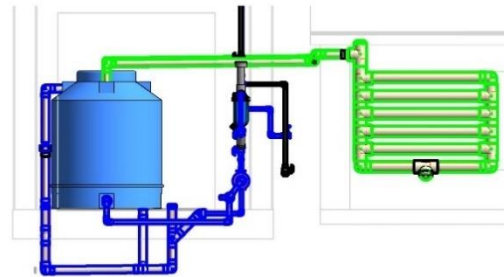
8.6 Anexo F. Colocación de elementos y ductos Nv. + 3.00m & 6.00m



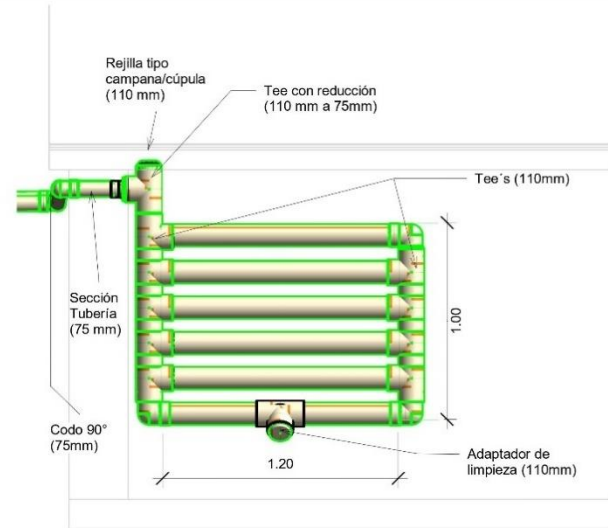
8.7 Anexo G. Desviador de primeras aguas



1 Vista 3D de Desviadores



2 Tanque de Piso y Desviador
1 : 40

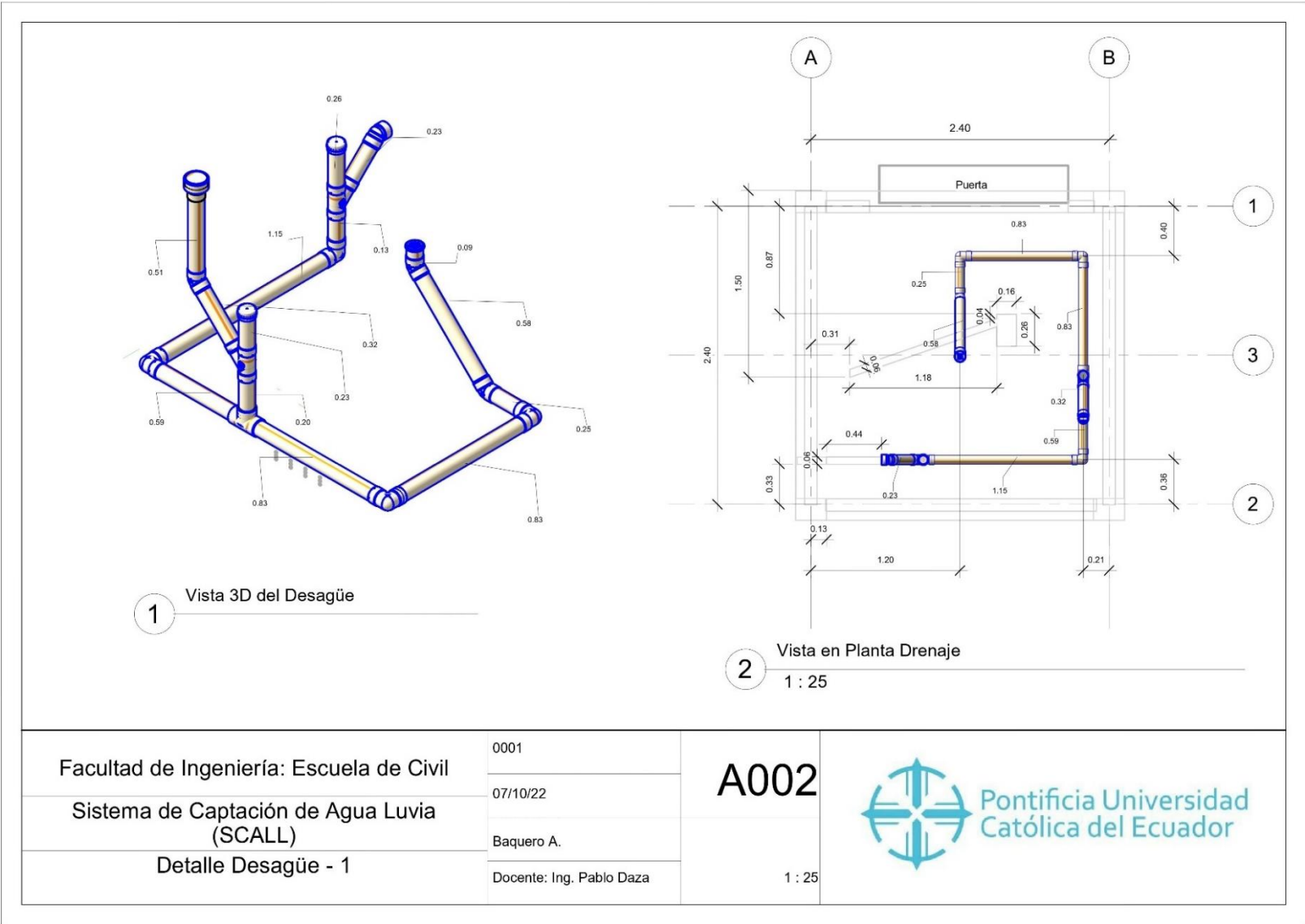


3 Detalle del Desviador
1 : 20

- ✓ Las tuberías y accesorios deberán ser de PVC pegable y cumplir con la NTE INEN 1374 (2009)
- ✓ Antes de pegar los tubos deberán lijarse los mismos y las uniones para garantizar una buena unión, y adherencia, limpiar adecuadamente con un paño, y colocar el pegamento. Deberá de realizarse una buena unión para evitar fugas.
- ✓ Los tubos serán sujetados en la pared con cinta de cobre o abrazaderas que se coloquen en el lugar de las tees (uniones), debido a que tienen un mayor espesor
- ✓ Se puede realizar una pequeña perforación en el centro del adaptador de limpieza para que haya una pequeña fuga que permita un vaciado semiautomático del desviador de primeras aguas
- ✓ Se deberá comprobar el buen estado del techo y las canaletas previamente a la instalación del desviador
- ✓ Rotar aproximadamente 45° con respecto a la vertical la "T" de la salida en el desviador como se muestra en el plano

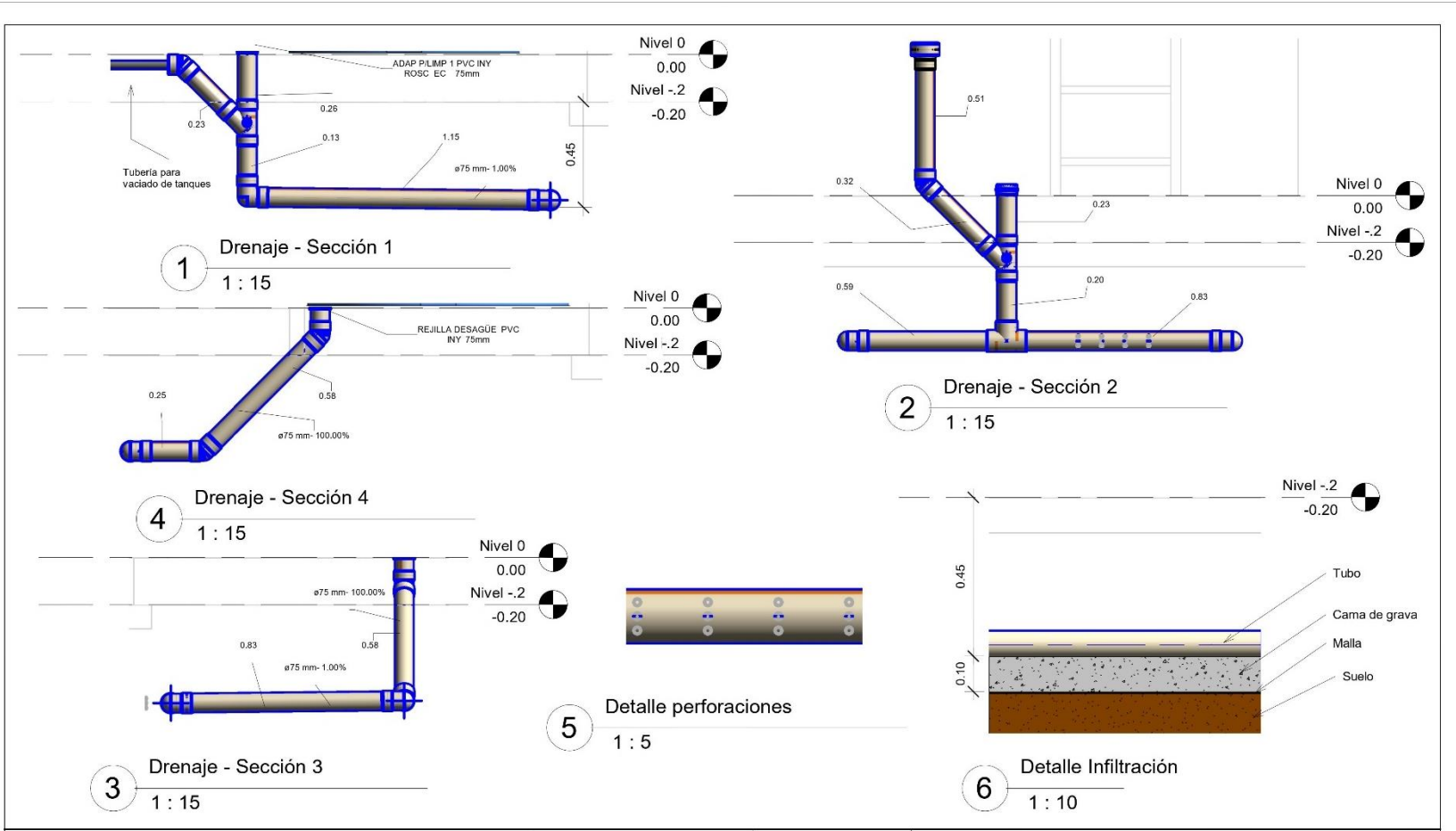
Facultad de Ingeniería: Escuela de Civil	0001	A001	
Sistema de Captación de Agua Luvia (SCALL)	07/10/22		
Desviador Primeras Aguas	Baquero A. Verificador		

8.8 Anexo H. Detalle desagüe - 1



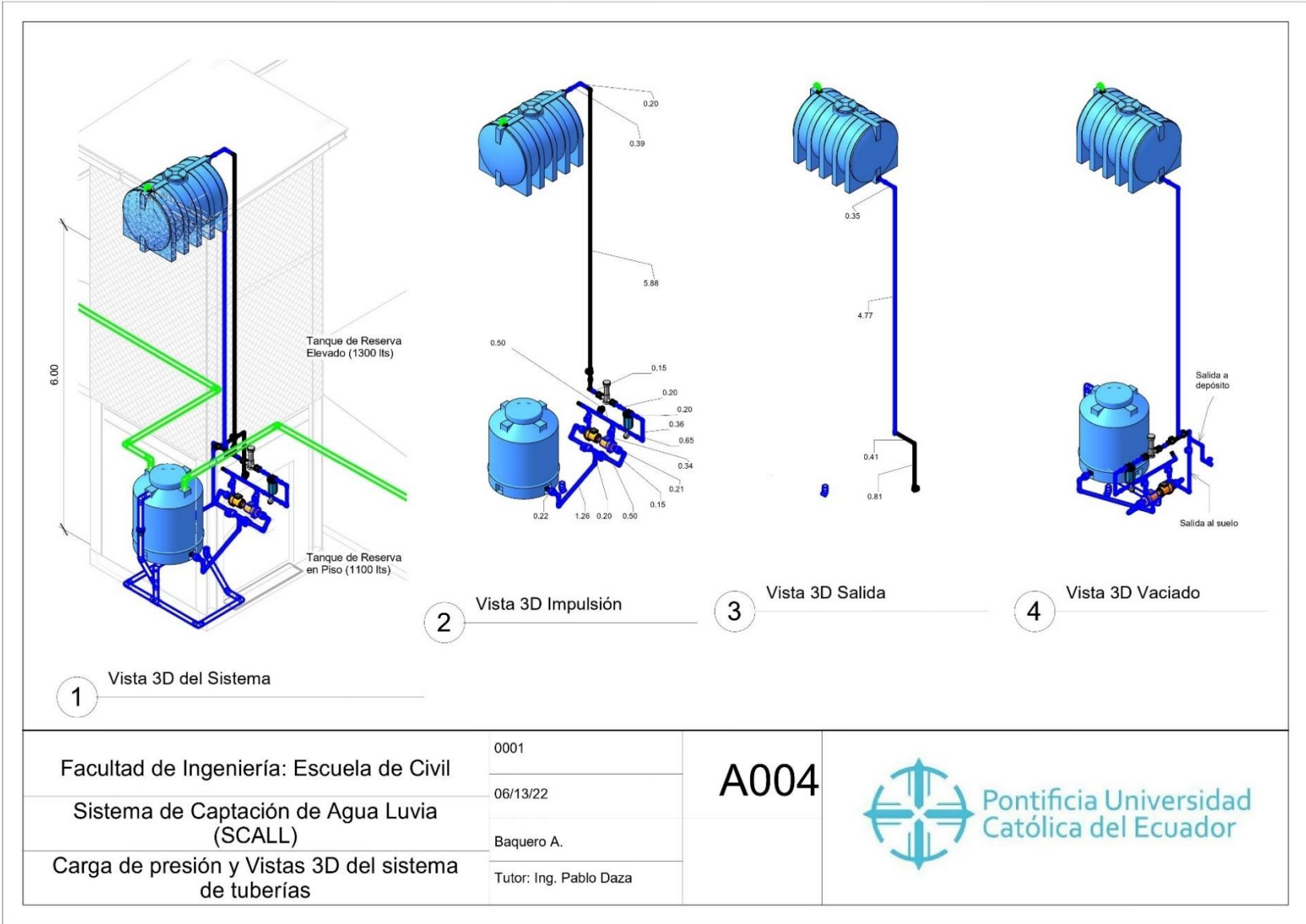
Facultad de Ingeniería: Escuela de Civil	0001	A002	 Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Sistema de Captación de Agua Luvia (SCALL)	07/10/22		
Detalle Desagüe - 1	Baquero A.		
	Docente: Ing. Pablo Daza		
		1 : 25	

8.9 Anexo I. Detalle desagüe - 2



Facultad de Ingeniería: Escuela de Civil	0001	A003	 Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Sistema de Captación de Agua Luvia (SCALL)	07/10/22		
Detalle Desagüe - 2	Baquero A.	Como se indica	
	Docente: Ing. Pablo Daza		

8.10 Anexo J. Carga de presión y vistas 3D



1 Vista 3D del Sistema

2 Vista 3D Impulsión

3 Vista 3D Salida

4 Vista 3D Vaciado

Facultad de Ingeniería: Escuela de Civil

Sistema de Captación de Agua Luvia (SCALL)

Carga de presión y Vistas 3D del sistema de tuberías

0001

06/13/22

Baquero A.

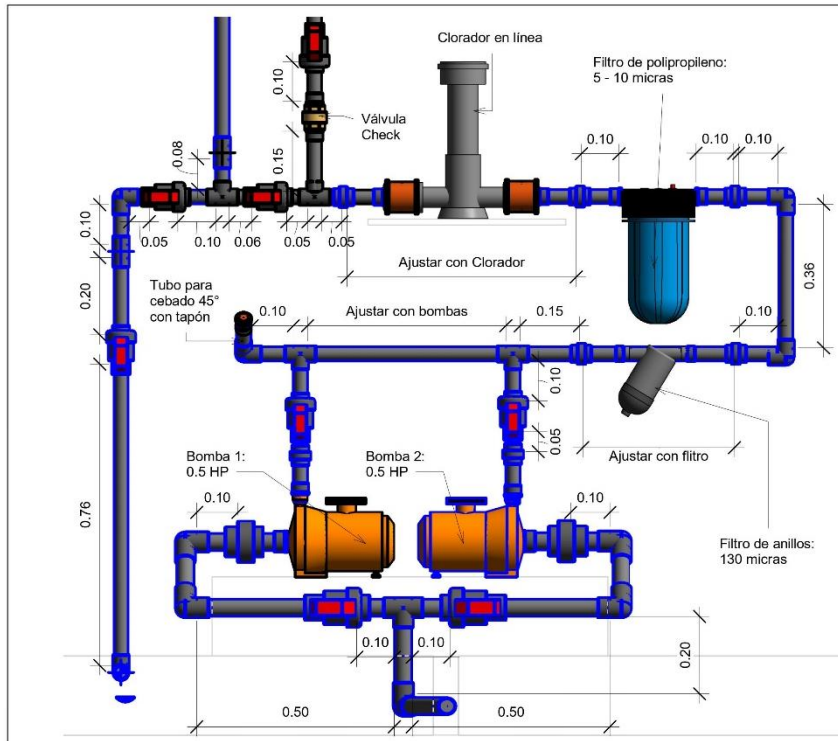
Tutor: Ing. Pablo Daza

A004



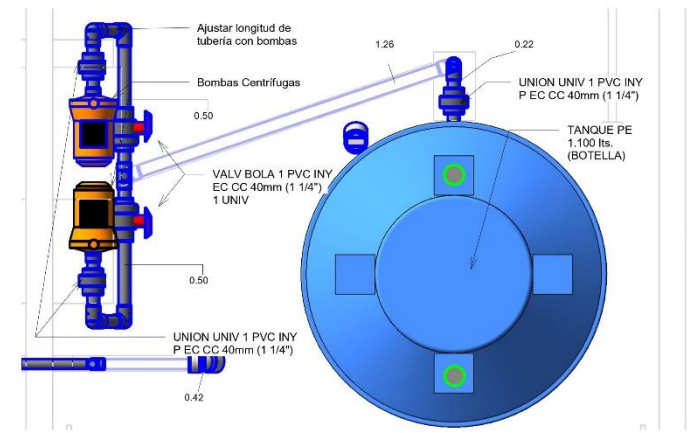
Pontificia Universidad Católica del Ecuador

8.11 Anexo K. Detalle de los componentes del SCALL



1 Detalle Alzado
1 : 10

*Las cotas de los planos están en metros



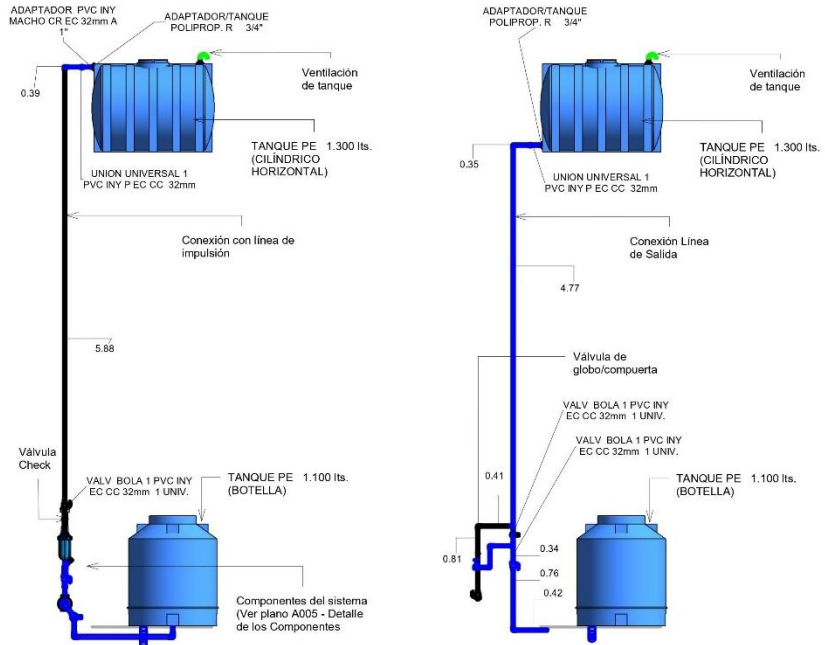
2 Detalle en Planta
1 : 15

- ✓ Se realizó el diseño según la NEC-11 Capítulo 16 Norma Hidrosanitaria NHE Agua
- ✓ Las tuberías y accesorios de presión deberán ser de PVC pegable preferiblemente y cumplir con la NTE INEN 1373 (2017-09)
- ✓ Los accesorios como filtros, bombas, tanques, válvula check y el clorador deberán de colocarse con uniones universales como se muestran en los planos para un fácil desmontaje y mantenimiento de los mismos
- ✓ Para unir los accesorios que tengan rosca se colocará un adaptador tipo macho o hembra, y deberá de colocarse una reducción para que se acoplen con las tuberías según corresponda, además todas las uniones roscadas deberán ser recubiertas con teflón para garantizar una correcta unión y evitar fugas
- ✓ Las bombas del sistema serán de medio (0.5) HP, para el bombeo de agua, de la marca Evans modelo 2HME050 con diámetros de 1.25 y de 1 pulgada para la succión e impulsión respectivamente, u otra bomba similar que cumpla con las mismas características de la bomba mencionada
- ✓ La tubería y los accesorios desde el tanque a la succión serán de 40mm equivalente a 1 1/4 pulgadas, y la tubería y accesorios desde la impulsión serán de 32mm equivalente a 1 pulgada
- ✓ La carcasa del filtro de 10 micras será de 10 pulgadas, tanto este filtro como el clorador tendrán diámetros de 1 1/2 pulgadas, mientras que el filtro de discos y la válvula check serán de 1 pulgada

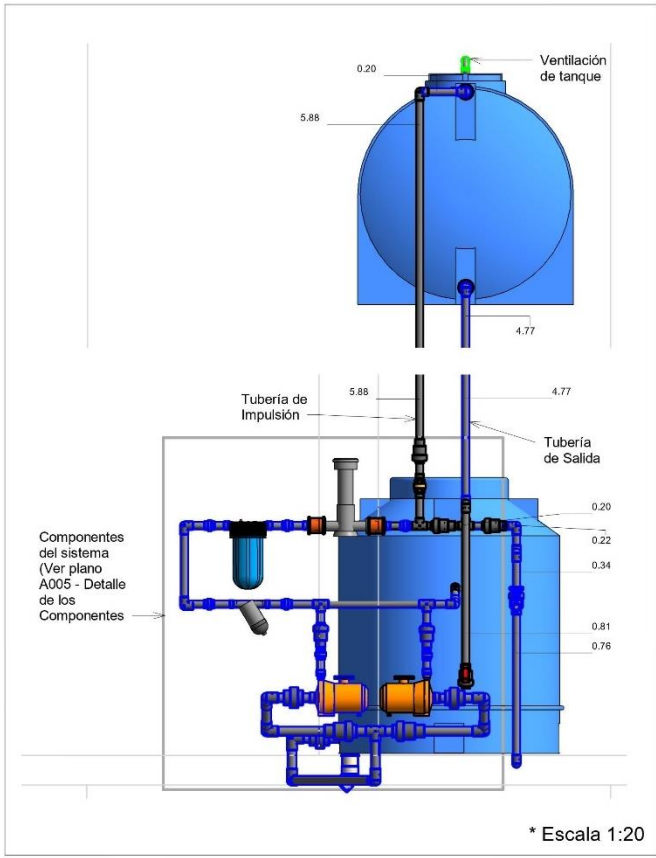
Facultad de Ingeniería: Escuela de Civil	0001	<h1>A005</h1> <p>Como se indica</p>	
Sistema de Captación de Agua Luvia (SCALL)	06/13/22		
Detalle de los componentes del SCALI	Baquero A.		
	Docente: Ing. Pablo Daza		

8.12 Anexo L. Detalle conexiones tanque elevado

1 Impulsión T.E.
1 : 50



2 Salida T.E.
1 : 50

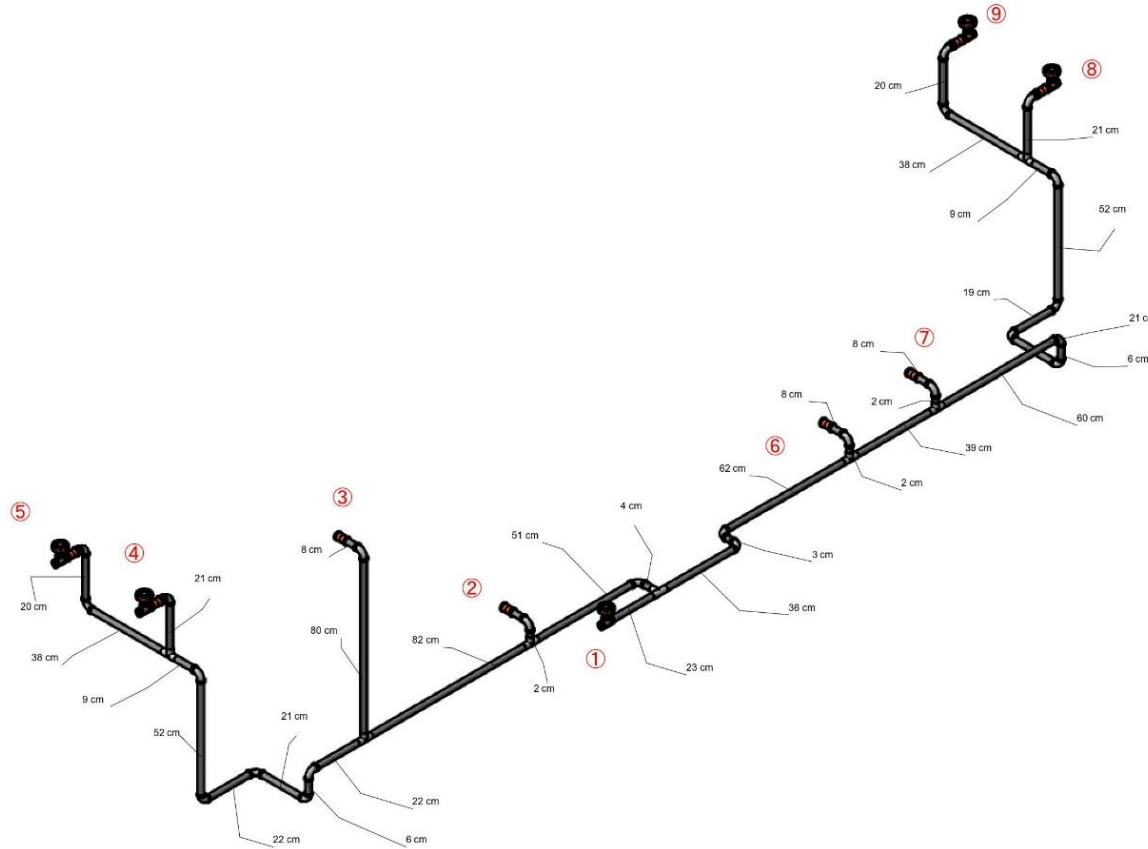



Facultad de Ingeniería: Escuela de Civil	0001
Sistema de Captación de Agua Luvia (SCALL)	07/10/22
Detalle conexiones tanque elevado	Baquero A.
	Docente: Ing. Pablo Daza

A006
Como se indica



8.13 Anexo M. Isometría para el cálculo de pérdidas en las instalaciones



Facultad de Ingeniería: Escuela de Civil	0001	A110	Nº	Descripción	Fecha
	06/17/22				
Sistema de Captación de Agua Lluvia (SCALL)	Baquero A.		 Pontificia Universidad Católica del Ecuador		
Isometría considerada para el cálculo de pérdidas en instalaciones sanitarias	Ing. Pablo Daza				

8.14 Anexo N. Esquema eléctrico para bombas

