



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO HIDRÁULICO, ESTRUCTURAL Y PRESUPUESTO DE LA ESTRUCTURA
DE CAPTACIÓN EN EL RÍO ZUMBAHUA PARA EL PROYECTO DE RIEGO DE LA
JUNTA DE RIEGO “EL TIGLÁN”

AUTOR:

LUIS ALEJANDRO AGUIRRE JARAMILLO

DIRECTOR:

ING. ROBERTO UNDA

**DISERTACIÓN DE GRADO PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

QUITO, ABRIL 2019

DEDICATORIA

A Dios por guiarme durante toda mi vida.

A mi papá Eduardo Aguirre y a mi mamá Cecilia Jaramillo, ya que sin su amor, consejos y apoyo incondicional no habría alcanzado esta meta.

A mis hermanos Andrés y Ricardo que son un ejemplo de vida para mí, debido a su perseverancia para alcanzar cualquier meta que se propongan.

A mi novia Sara Ponguillo B. por todo el amor, ayuda y sobre todo paciencia que me ha brindado durante toda la carrera.

Luis Alejandro Aguirre Jaramillo.

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá, que siempre me está ayudando con cualquier problema que se me presente y estar siempre pendiente de mi vida.

A mi papá, por guiarme por el camino correcto y darme un ejemplo honesto de lo que debe hacer un Ingeniero Civil.

A mi novia Sarita por siempre estar junto a mí en la buenas y en las malas, por enseñarme que somos un equipo y que todo lo que nos propongamos podemos realizarlo apoyándonos uno al otro.

A mi ñaña Marcia por el cariño y apoyo que siempre me brinda.

A mis amigos y compañeros por darme una mano cuando lo necesitaba.

Al Ing. Fausto Ponguillo A. debido a todas las enseñanzas y consejos profesionales que me brindó.

Al Ing. Roberto Unda, director del trabajo de disertación, por haberme motivado para lograr realizar un trabajo beneficioso.

Al Ing. Guillermo Flores y a la Dra. Patricia Garcés, correctores del trabajo de disertación, por su tiempo y dedicación durante el desarrollo de la presente tesis.

Luis Alejandro Aguirre Jaramillo.

Tabla de Contenido

CAPÍTULO I.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos y alcance	2
1.2.1. Objetivo general	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.2.3. Alcance	2
1.3. Antecedentes del proyecto de riego de la parroquia de Zumbahua	3
1.3.2. Actividades económicas	3
1.3.3. Usos del suelo.....	4
1.3.4. Movimientos migratorios	7
CAPÍTULO II - FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8
2.1. Diseño hidráulico de obras de captación superficial.....	8
2.1.1. Ingeniería básica	8
2.1.1.1. Hidrología.....	8
2.1.1.2. Clima	10
2.1.1.3. Precipitación.....	12
2.1.2. Diseño hidráulico.....	14
2.1.2.1. Azud de derivación.....	14
2.1.2.2. Disipador de energía.....	15
2.1.2.3. Rejilla de entrada.....	16
2.1.2.4. Desripador	16
2.1.2.5. Vertedero	16
2.1.2.6. Compuertas.....	18
2.2. Diseño estructural de obras de captación superficial.....	19
2.2.1. Azud	19

2.2.2.	Muros.....	19
2.2.2.1.	Muros de Gravedad	22
2.2.2.2.	Muros reforzados.....	22
2.2.2.3.	Muros con contrafuerte	23
2.3.	Presupuesto	23
2.3.1.	Precios unitarios	24
2.3.1.1.	Costos directos	24
2.3.1.2.	Costos indirectos	25
2.3.2.	Cantidades de obra.....	25
2.4.	Marco legal	26
2.4.1.	Constitución de la República.....	26
2.4.2.	Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua	28
2.4.3.	Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua	31
2.4.4.	Código Orgánico del Ambiente.....	34
2.4.5.	Plan Nacional de Riego y Drenaje.....	34
CAPÍTULO III – DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....		36
3.1.	Estudio de la cuenca del río Zumbahua	36
3.1.1.	Características físicas de la cuenca.....	38
3.1.1.1.	Área de drenaje (A).....	38
3.1.1.2.	Forma de la cuenca.....	38
3.1.1.2.1.	Coeficiente de compacidad (Kc)	38
3.1.1.2.2.	Factor de forma (Kf).....	38
3.1.1.3.	Sistema de drenaje.....	39
3.1.1.3.1.	Densidad de drenaje (Dd).....	39
3.1.1.3.2.	Sinuosidad de las corrientes de agua	40
3.1.1.3.3.	Orden de las corrientes de agua.....	40

3.1.1.4.	Pendiente de la cuenca	41
3.1.2.	Características hidrológicas de la cuenca	43
3.1.2.1.	Precipitación.....	43
3.1.2.2.	Permeabilidad.....	43
3.1.2.3.	Escorrentía Superficial	45
3.2.	Descripción de la geología regional.....	45
3.2.1.	Geología local.....	45
3.2.2.	Geomorfología.....	48
3.2.3.	Clasificación agrícola del suelo	51
3.2.4.	Características de los suelos	52
3.2.4.1.	Características físicas	52
3.2.4.2.	Características químicas	55
3.3.	Descripción de características topográficas del sector.....	56
3.3.1.	Estudio de alternativas de localización de la estructura de captación	56
3.3.1.1.	Opción A	57
3.3.1.2.	Opción B	57
3.3.1.3.	Opción C	57
3.3.2.	Localización geográfica del proyecto integral.....	57
3.3.3.	Localización de zonas de riego.....	58
3.4.1.	Tipos de cultivos.....	59
3.4.2.	Necesidades de agua de los cultivos.....	59
3.4.2.1.	Cebada.....	59
3.4.2.2.	Cebolla	61
3.4.2.3.	Habas	63
3.4.2.4.	Melloco.....	64
3.4.2.5.	Papa	66
3.4.2.6.	Pasto	68

CAPÍTULO IV - DISEÑO HIDRÁULICO DE OBRAS DE CAPTACIÓN SUPERFICIAL	71
4.1. Cálculo del caudal de diseño.....	71
4.2. Altura del paramento	73
4.3. Perfil del azud tipo cimacio	74
4.4. Rejilla de Entrada.....	83
4.5. Desripiador.....	90
4.6. Vertedero de Salida.....	95
CAPÍTULO V - DISEÑO ESTRUCTURAL DE OBRAS DE CAPTACIÓN SUPERFICIAL	101
5.1. Cargas de la Estructura	101
5.1.1. Carga sísmica estática.....	102
5.1.2. Análisis de carga sísmica general	107
5.1.3. Cálculo del espectro de diseño	109
5.1.4. Cargas del suelo.....	113
5.1.5. Coeficiente de balasto para análisis de bases y losa de cimentación.....	114
5.1.6. Cargas de Agua.....	115
5.1.7. Modelo de la estructura en programa estructural	116
5.1.7.1. Modelo estructural.....	116
5.1.7.2. Materiales	119
5.1.7.3. Tablas de resultados.	120
5.1.7.4. Resultados del modelo estructural.....	133
CAPÍTULO VI – PLANOS, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PRESUPUESTO...	141
6.1. Planos de diseño hidráulico	141
6.2. Planos de diseño estructural.....	141
6.3. Especificaciones técnicas.....	142
6.3.1. Hormigón armado.....	142

6.3.1.1.	Composición del hormigón	142
6.3.1.2.	Materiales para hormigón.....	143
6.3.1.2.1.	Cemento.....	143
6.3.1.2.2.	Agregado grueso.....	143
6.3.1.2.3.	Agregado fino.....	144
6.3.1.2.4.	Agua	145
6.3.1.2.5.	Acero de refuerzo	145
6.3.1.3.	Condiciones precias a la colocación del hormigón	145
6.3.1.3.1.	Cimentaciones	145
6.3.1.3.2.	Encofrados.....	146
6.3.1.3.3.	Control de recubrimiento de las armaduras.....	146
6.3.1.4.	Juntas de construcción.....	146
6.3.1.5.	Desencofrado.....	147
6.3.1.6.	Curado del Hormigón.....	147
6.3.2.	Acero estructural.....	147
6.3.2.1.	Composición del acero	147
6.3.2.2.	Manipulación de acero	148
6.3.3.	Desviación del río	148
6.4.	Análisis de precios unitarios	149
6.5.	Cuantificación de volúmenes de obra	149
6.5.1.	Trabajos preliminares	149
6.5.1.1.	Excavación a mano (suelo en riberas del río)	149
6.5.1.2.	Replanteo y nivelación con equipo topográfico.....	149
6.5.1.3.	Bodega de madera y cubierta metálica (15 m ²).....	149
6.5.2.	Excavaciones y rellenos.....	149
6.5.2.1.	Excavación y relleno a mano para nivelación de la plataforma para la estructura de captación	149

6.5.2.2.	Excavación en roca para anclajes de muros de ala.....	150
6.5.3.	Estructura.....	150
6.5.3.1.	Hormigón de nivelación $f'c=180\text{kg/cm}^2$ para contrapiso	150
6.5.3.2.	Hormigón ciclópeo para dentellones.....	150
6.5.3.3.	Hormigón estructural cemento Portland $f'c=240\text{kg/cm}^2$	150
6.5.3.3.1.	Losas.....	150
6.5.3.3.2.	Muros.....	152
6.5.3.3.3.	Azud	155
6.5.3.3.4.	Dentellones	155
6.5.3.4.	Acero de refuerzo $f_y=4200\text{ kg/cm}^2$ (12 mm) incluye alambre galvanizado #18	156
6.5.3.5.	Malla electro soldada (15x15x6mm).....	156
6.5.3.6.	Escollera de piedra suelta (pedraplén)	156
6.5.4.	Albañilería	156
6.5.4.1.	Masillado e impermeabilizante, e = 3cm, mortero 1:3.....	156
6.5.5.	Aparatos hidráulicos	157
6.5.5.1.	Suministro, fabricación y montaje de Acero estructural A-572 para marco de compuertas, láminas de compuertas, columneta de soporte, placa de anclaje y viga de soporte	157
6.5.5.2.	Acero de refuerzo $f_y=4200\text{ kg/cm}^2$ (25 mm), para la rejilla.....	157
6.5.5.3.	Válvula para tubería de 160mm	157
6.5.5.4.	Tubería de PVC 160mm.....	157
6.5.6.	Desviación del caudal.....	158
6.5.6.1.	Excavación con maquinaria	158
6.5.6.2.	Limpieza de derrumbos.....	158
6.5.6.3.	Hormigón estructural cemento Portland $f'c= 180\text{ kg/cm}^2$ (ataguía)	159
6.5.7.	Obras exteriores.....	159

6.5.7.1.	Cerramiento malla galvanizada.....	159
6.5.7.2.	Limpieza de obra.....	159
6.6.	Presupuesto	159
CAPÍTULO VII – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		160
7.1.	Conclusiones	160
7.2.	Recomendaciones	162
BIBLIOGRAFIA		164

Índice de Tablas

Tabla 1: Actividades económicas de acuerdo con la población económicamente activa.	4
Tabla 2: Usos del suelo.	5
Tabla 3: Coeficientes de escorrentía.....	45
Tabla 4: Unidades geomorfológicas.	49
Tabla 5: Información de calicatas.....	51
Tabla 6: Clasificación manual visual de calicatas.	51
Tabla 7: Pendientes.....	52
Tabla 8: Clases texturales y texturas.	52
Tabla 9: Profundidad del suelo.....	53
Tabla 10: Pedregosidad..	53
Tabla 11: Erosión.	53
Tabla 12: Drenaje.	54
Tabla 13: Macroelementos: N, P, K.	55
Tabla 14: Microelementos: Ca, Mg, Fe, Al, Zn, B, Cu, SO ₄	55
Tabla 15: Relaciones entre elementos: Ca / Mg, Mg / K, Ca+Mg / K • Contenido de materia orgánica.	55
Tabla 16: Ph.....	56
Tabla 17: Conductividad eléctrica.	56
Tabla 18: Capacidad de intercambio catiónico.....	56
Tabla 19: Cosecha de cebada de enero a junio.	60
Tabla 20: Cosecha de cebada de julio a diciembre.....	61
Tabla 21: Cosecha de cebolla de enero a julio.	62
Tabla 22: Cosecha de cebolla de agosto a diciembre.	62
Tabla 23: Cosecha de habas de enero a mayo.	63
Tabla 24: Cosecha de habas de mayo a agosto.....	64
Tabla 25: Cosecha de habas de septiembre a diciembre.	64
Tabla 26: Cosecha de melloco de enero a junio.	65
Tabla 27: Cosecha de melloco de julio a diciembre.....	66
Tabla 28: Cosecha de papa de enero a junio.	67
Tabla 29: Cosecha de papa de julio a diciembre.	67
Tabla 30: Cosecha de pasto de enero a marzo.....	68
Tabla 31: Cosecha de pasto de abril a junio.	69

Tabla 32: Cosecha de pasto de julio a septiembre.....	69
Tabla 33: Cosecha de pasto de octubre a diciembre.....	70
Tabla 34: Máximos caudales necesarios para riego.	70
Tabla 35: Cálculo del coeficiente de escorrentía (C).	71
Tabla 36: Resultados ecuación 5..	78
Tabla 37: Resultados de la figura 28.	81
Tabla 38: Resultados de X_c , Y_c , R_1 Y R_2	81
Tabla 39: Coordenadas del perfil completo del azud..	82
Tabla 40: Datos para el diseño de la rejilla.	84
Tabla 41: Condiciones rejilla sumergida..	85
Tabla 42: Coeficiente M_o de la rejilla..	86
Tabla 43: Coeficiente S de la rejilla..	86
Tabla 44: Resultados de diseño rejilla de captación.....	90
Tabla 45: Datos para el diseño del ancho del desripiador..	91
Tabla 46: Resultados y_1 , y_2	92
Tabla 47: Longitud de resalto del desripiador.....	93
Tabla 48: Velocidades de sedimentación.	94
Tabla 49: Datos diseño de la longitud del desripiador..	94
Tabla 50: Datos diseño vertedero de salida..	95
Tabla 51: Condiciones vertedero sumergido.....	96
Tabla 52: Coeficiente M_o del vertedero.....	96
Tabla 53: Coeficiente S del vertedero.	96
Tabla 54: Datos diseño dissipador de energía.....	98
Tabla 55: Longitud del resalto en el dissipador de energía.....	99
Tabla 56: Datos rediseño del dissipador de energía.....	100
Tabla 57: Resultados diseño del dissipador de energía.....	100
Tabla 58: Datos del informe de suelos.	101
Tabla 59: Valor del factor de zona Z	102
Tabla 60: F_a : Coeficiente de amplificación de suelos en la zona de período corto.	103
Tabla 61: F_d : amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuestas de desplazamientos para diseño en roca.....	103
Tabla 62: F_s : Comportamiento no lineal de los suelos.....	103
Tabla 63: Coeficientes de configuración estructural.	104

Tabla 64: Datos previamente calculados.....	107
Tabla 65: Espectro de diseño.....	110
Tabla 66: Espectro de diseño Sa.....	111
Tabla 67: Espectro de diseño Sa(g).....	111
Tabla 68: Espectro de diseño Sa(g)/R.....	112
Tabla 69: Espectro de diseño.....	112
Tabla 70: Componentes del coeficiente de balasto.....	115
Tabla 71: Material del modelo (Hormigón).....	119
Tabla 72: Material del modelo (Acero corrugado).....	119
Tabla 73: Material del modelo (Acero estructural).....	119
Tabla 74: Propiedades de los materiales 01-General.....	120
Tabla 75: Propiedades de los materiales 02-Propiedades mecánicas.....	120
Tabla 76: Propiedades de los materiales 03a-Acero.....	120
Tabla 77: Propiedades de los materiales 03b-Hormigón.....	121
Tabla 78: Propiedades de los materiales 03e-Acero de refuerzo.....	121
Tabla 79: Propiedades de los materiales 03f-Tendon data.....	121
Tabla 80: Propiedades de secciones tipo frame 01-General.....	122
Tabla 81: Propiedades de sección tipo frame 03-Viga de hormigón.....	122
Tabla 82: Propiedad de área de sección.....	123
Tabla 83: Propiedad de área de sección – dependiente del tiempo.....	123
Tabla 84: Propiedad de área de sección – parámetros de diseño.....	124
Tabla 85: Auto Seismic.....	124
Tabla 86: Espectro de respuesta - Ecuador Norma NEC-SE-DS 2015.....	126
Tabla 87: Espectro de respuesta.....	126
Tabla 88: Mass Source.....	126
Tabla 89: Modal participating mass ratios.....	127
Tabla 90: Modal load participation ratios.....	127
Tabla 91: Base reaction.....	127
Tabla 92: Combination definitions.....	132
Tabla 93: Tamaño máximo del agregado grueso.....	143
Tabla 94: Gradación del agregado grueso en porcentaje pasando por peso.....	144
Tabla 95: Gradación del agregado fino en porcentaje pasando por peso.....	144
Tabla 96: Acero A36.....	148

Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación parroquia de Zumbahua.....	3
Figura 2: Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo de la parroquia de Zumbahua.	6
Figura 3: Mapa de división hidrográfica de la parroquia de Zumbahua.	9
Figura 4: Mapa de temperatura media anual de la parroquia de Zumbahua.	11
Figura 5: Mapa de precipitación media anual de la parroquia Zumbahua.	13
Figura 6: Partes de una captación superficial.	14
Figura 7: Perfil vertedero tipo cimacio.....	15
Figura 8: Vertedero de pared delgada.....	17
Figura 9: Vertedero de pared gruesa.....	18
Figura 10: Compuerta.....	18
Figura 11: Muro de contención.	19
Figura 12: Empuje activo.	20
Figura 13: Empuje pasivo.....	20
Figura 14: Tipos de muros de contención.	21
Figura 15: Muro carente de puntera.	22
Figura 16: Muro carente de talón.	23
Figura 17: Mapa de ubicación cuenca hidrográfica Tigrán-Michacalá.	37
Figura 18: Orden de las corrientes de agua de la cuenca hidrográfica El Tigrán-Michacalá.	41
Figura 19: Pendientes de la cuenca hidrográfica Tigrán-Michacalá.....	42
Figura 20: Permeabilidad de la cuenca hidrográfica Tigrán-Michacalá.....	44
Figura 21: Geología de la cuenca hidrográfica Tigrán-Michacalá.	47
Figura 22: Mapa de relieve/geomorfológico de la parroquia de Zumbahua.	50
Figura 23: Implantación del proyecto.....	58
Figura 24: Mapa de intensidades máximas durante 24h y TR=50 años.....	72
Figura 25: Determinación de la altura del paramento.	73
Figura 26: Elementos de las secciones de las crestas con la forma de la lámina vertiente..	75
Figura 27:Factores para la determinación de las secciones con la forma de la lámina vertedora (coeficiente K y n).	77
Figura 28: Perfil azud aguas abajo del origen de la cresta.	79

Figura 29: Factores para la determinación de las secciones con la forma de la lámina vertedora (X_c , Y_c , R_1 , R_2).....	80
Figura 30: Localización del centro para el R_2	81
Figura 31: Perfil del azud completo..	83
Figura 32: Diseño de Rejilla.....	84
Figura 33: Ángulo entre rejilla y río.....	89
Figura 34:Rejilla de captación.....	89
Figura 35: Diseño ancho del desripador.....	90
Figura 36: Diseño de vertedero de salida.....	95
Figura 37: Diseño dissipador de energía.....	97
Figura 38: Mapa de zonas sísmicas del Ecuador, para propósitos de diseño y valor del factor se zona Z	102
Figura 39: Espectro elástico de diseño.....	109
Figura 40:Vista 3D modelo estructural (A).....	116
Figura 41:Vista 3D modelo estructural (B).....	117
Figura 42: Vista 3-D modelo estructural (C).....	118
Figura 43: Deformación (D+L).....	133
Figura 44: Deformación (DCON11).....	134
Figura 45: Cortante máximo (D+L).....	135
Figura 46: Cortante máximo (DCON10).....	136
Figura 47: Momento 1-1 (D+L).....	137
Figura 48:Momento 1-1 (DCON12).....	138
Figura 49:Momento 2-2 (D+L).....	139
Figura 50:Momento 2-2 (DCON11).....	140
Figura 51: Excavación para la desviación del caudal.....	158

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1	38
Ecuación 2	39
Ecuación 3	39
Ecuación 4	40
Ecuación 5	71
Ecuación 6	74
Ecuación 7	75
Ecuación 8	75
Ecuación 9	76
Ecuación 10	85
Ecuación 11	85
Ecuación 12	86
Ecuación 13	86
Ecuación 14	86
Ecuación 15	87
Ecuación 16	87
Ecuación 17	87
Ecuación 18	88
Ecuación 19	91
Ecuación 20	92
Ecuación 21	92
Ecuación 22	92
Ecuación 23	92
Ecuación 24	92
Ecuación 25	93
Ecuación 26	96
Ecuación 27	97
Ecuación 28	98
Ecuación 29	104
Ecuación 30	105
Ecuación 31	105

Ecuación 32	106
Ecuación 33	106
Ecuación 34	108
Ecuación 35	108
Ecuación 36	113
Ecuación 37	113
Ecuación 38	113
Ecuación 39	113
Ecuación 40	114
Ecuación 41	114
Ecuación 42	115

CAPÍTULO I

1.1. Introducción

El agua es primordial para la vida, no solo para consumo sino también para la producción de alimentos. La WWAP (2016) afirma que: “el agua es un componente esencial de las economías nacionales y locales, y es necesaria para criar y mantener empleos en todos los sectores de la economía” (p.2). Por lo tanto, se puede decir que el agua es fundamental para el desarrollo económico y social de los países.

El Movimiento Indígena y Campesino de Cotopaxi “MICC” es una organización histórica, cuyo accionar empieza por los años 60 y su estructura organizativa toma forma desde 1972, consolidándose con la formación de la primera dirigencia indígena del MICC en el ámbito provincial en el año de 1978.(MICC, s/f)

La PUCE mantiene un convenio con el MICC, el cual permite el desarrollo de proyectos los cuales benefician a los estudiantes y a la comunidad.

La presente tesis se desarrolla como parte de este convenio y consiste en diseñar la estructura de captación para la Junta de Riego el “Tiglán” para el riego de sus cultivos.

Mediante visitas realizadas y entrevistas con los miembros de la junta se constata la escasez de agua sobre todo en cinco de los 12 meses del año. Cabe mencionar que la junta cuenta actualmente con un sistema de distribución ineficiente, el cual se podría decir que funciona adecuadamente en los meses que el río Zumbahua se encuentra en condiciones normales, esto es debido a que no cuentan con un sistema de captación el cual no permite almacenar agua para los meses de sequía.

Ante la problemática planteada se desarrollará el diseño hidráulico, estructural y presupuesto de una estructura de captación en el río Zumbahua la cual permita formar un pequeño embalse para poder almacenar agua y desde el cual se captará el caudal necesario para la irrigación de los cultivos de la Junta de Riego “El Tiglán”.

1.2. Objetivos y alcance

1.2.1. Objetivo general

Realizar el diseño hidráulico y estructural, y el presupuesto de la estructura de captación del proyecto de riego de la Junta de Riego “El Tiglán” para la parroquia de Zumbahua.

1.2.2. Objetivos específicos

- Describir los aspectos teóricos relacionados con el diseño hidráulico, estructural, presupuesto y marco legal de la obra de captación para riego de la Junta de Riego “El Tiglán”
- Estudiar las alternativas de localización de la estructura de captación del río Zumbahua.
- Describir las características relevantes del área del proyecto y cuantificar la demanda de riego.
- Realizar el diseño hidráulico y estructural de la captación del proyecto de riego de la Junta de Riego el “El Tiglán”.
- Realizar planos de construcción, especificaciones técnicas y el presupuesto de la obra de captación del proyecto.

1.2.3. Alcance

Para el desarrollo de esta tesis se recopilará información acerca de la hidrología, topografía y estudios de mecánica de suelos perteneciente a proyectos de responsabilidad social desarrollados en la parroquia de Zumbahua por la facultad de ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

La información recopilada servirá como base del diseño hidráulico y estructural de la estructura de captación en el río Zumbahua para el proyecto de riego de la Junta de Riego “El Tiglán”

Una vez completado los diseños de la estructura de captación se procederá con el cálculo del presupuesto del proyecto mediante el análisis de precios unitarios.

1.3. Antecedentes del proyecto de riego de la parroquia de Zumbahua

La parroquia de Zumbahua fue creada el 26 de junio de 1972, posee una extensión de 21030 Ha, es decir 210.30 km², de acuerdo con el censo de población y vivienda del 2010 Zumbahua cuenta con 12643 habitantes.

1.3.1. Ubicación

La parroquia de Zumbahua se encuentra ubicada en el cantón Pujilí en la provincia de Cotopaxi. La cabecera parroquial se encuentra en el kilómetro 65 de la vía Latacunga- La Maná, con altitudes entre los 3300 y los 4000 msnm. La parroquia de Zumbahua colinda al norte con la parroquia de Chugichilán del cantón Sigchos y con la parroquia Guangaje del cantón Pujilí, al sur con la parroquia de Angamarca, al este con la parroquia de Guangaje y al oeste con la parroquia de Pilaló.

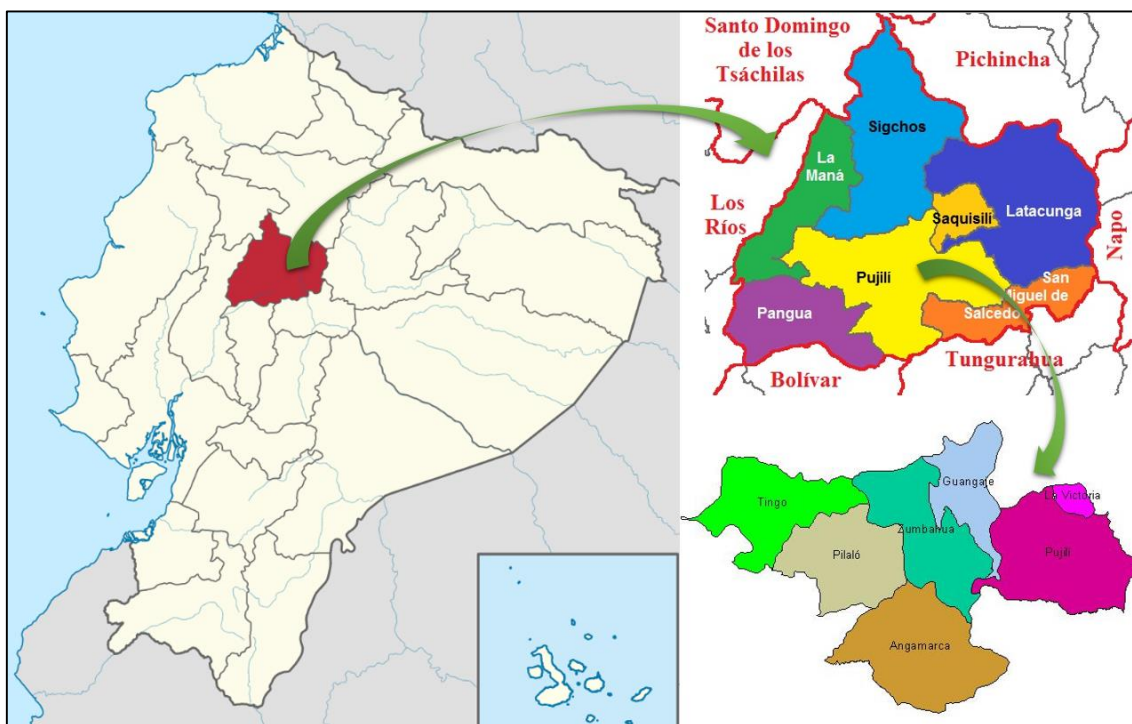


Figura 1: Ubicación parroquia de Zumbahua. Elaborado por: Luis Aguirre.

1.3.2. Actividades económicas

De acuerdo con el censo de población y vivienda del 2010, las principales actividades que realiza la población económicamente activa son: agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (72.56%) y la construcción (10.48%), que unidas suman un

83.04% de la población. A continuación, se muestra un cuadro con todas las actividades que realiza la población económicamente activa de la parroquia de Zumbahua.

Actividades Económicas		
Rama de Actividad	Personas	%
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	3872	72.56
Construcción	559	10.48
No declarado	184	3.45
Transporte y almacenamiento	172	3.22
Comercio al por mayor y menor	157	2.94
Actividades de los hogares como empleadores	70	1.31
Trabajador nuevo	68	1.27
Industrias manufactureras	61	1.14
Enseñanza	59	1.11
Actividades de la atención de la salud humana	48	0.90
Otras actividades de servicios	28	0.52
Administración pública y defensa	17	0.32
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	15	0.28
Artes, entretenimiento y recreación	14	0.26
Actividades profesionales, científicas y técnicas	4	0.07
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	3	0.06
Actividades financieras y de seguros	2	0.04
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	1	0.02
Distribución de agua, alcantarillado y gestión de desechos	1	0.02
Información y comunicación	1	0.02
Total	5336	100

Tabla 1: Actividades económicas de acuerdo con la población económicamente activa.
Fuente: Censo de población y vivienda INEC (CPV-210), GAD parroquial de Zumbahua, 2015. Modificado por: Luis Aguirre.

1.3.3. Usos del suelo

En la parroquia de Zumbahua uno de los principales usos del suelo es la agricultura, esto se puede evidenciar ya que el 32.98% de la superficie son áreas destinadas para

esta actividad y según el Gobierno Autónomo Descentralizado parroquial de Zumbahua (2015): “Las superficies de páramo están siendo constantemente amenazadas por el avance de la frontera agrícola y el sobrepastoreo de todo tipo de animales, lo cual transforma esta importante y estratégica vegetación en cultivos y pastos”(p.20).

Usos del Suelo		
Unidad de uso del suelo	Superficie (Ha)	Superficie (%)
Páramo	7486	35.60
Cultivo	6935	32.98
Vegetación herbácea	1572	7.48
Vegetación arbustiva	1235	5.87
Pastizal	916	4.36
Bosque nativo	225	1.07
Plantación forestal	108	0.51
Cuerpo de Agua	84	0.40
Área poblada	67	0.32
Estructuras construidas por el hombre	36	0.17

Tabla 2: Usos del suelo. Fuente: Censo de población y vivienda INEC (CPV-210), GAD parroquial de Zumbahua, 2015. Modificado por: Luis Aguirre.

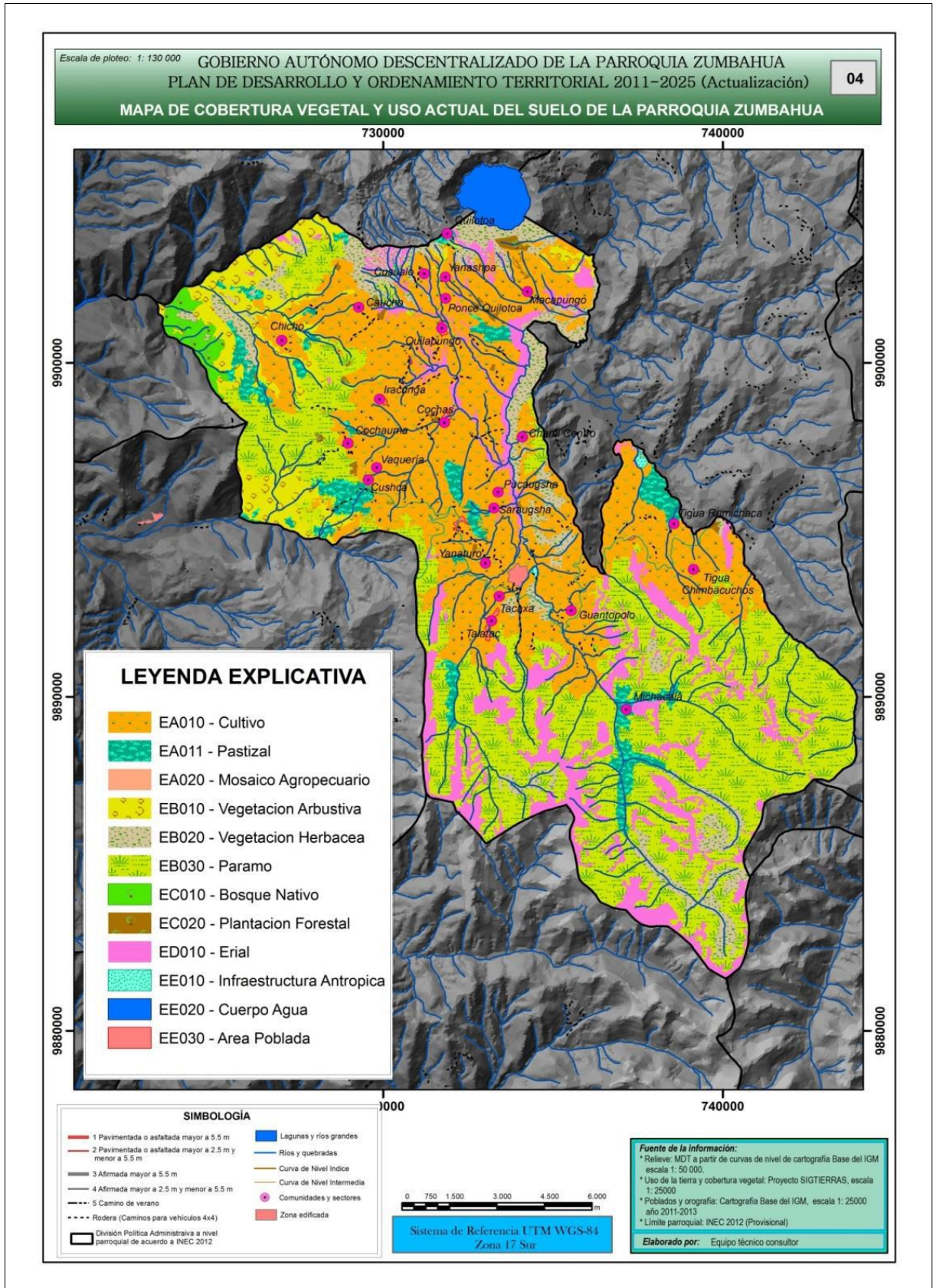


Figura 2: Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo de la parroquia de Zumbahua. Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Zumbahua, 2015.

1.3.4. Movimientos migratorios

Los movimientos migratorios en la parroquia de Zumbahua se produce debido a la difícil situación económica. El GAD parroquial de Zumbahua (2015) afirma que:

La población parroquial continúa migrando por las siguientes razones:

- Insuficientes fuentes de trabajo.
- Niveles de ingresos muy bajos.
- Escasez de agua que afecta a la agricultura.
- Baja productividad del suelo.
- Cambio climático ha afectado a la producción.
- Precios muy bajos en el mercado para los productos de la zona. (p.57)

CAPÍTULO II - FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Diseño hidráulico de obras de captación superficial

2.1.1. Ingeniería básica

2.1.1.1. Hidrología

Según el Federal Council for Science and Technology: “La hidrología versa sobre el agua de la tierra, su existencia y distribución, sus propiedades físicas y químicas, su influencia sobre el medio ambiente incluyendo su relación con los seres vivos” (como se cita en Monsalve, 1999, p.21)

Según el GAD parroquial de Zumbahua (2015), la parroquia de Zumbahua cuenta con dos unidades hidrográficas las cuales pertenece a la cuenca del Río Pilaló y al cuenca del Río Toachi.

El río Zumbahua o Michacalá es el de as importancia debido a que de este río se captara el agua necesaria para el riego de los cultivos de la Junta de Riego “El Tiglán”. De acuerdo con la información recopilada del proyecto de acción social “Dotación de estudios técnicos de hidrología e hidráulica para Juntas de Agua y Sistemas Comunitarios en la comuna de Tiglán, Zumbahua” el caudal promedio del río Zumbahua es de $1\text{m}^3/\text{s}$.

2.1.1.2. *Clima*

El clima, según la Organización Meteorológica Mundial (2015), es: “El conjunto fluctuante de condiciones atmosféricas caracterizado por los estados y la evolución del tiempo, en el curso de un periodo suficientemente largo y en un dominio espacial determinado”.

La parroquia de Zumbahua se caracteriza por su clima frío y por la neblina que se forma y cubre a una gran parte de sus comunidades, la parroquia cuenta con tres zonas en las cuales la temperatura varía desde los 6°C y los 14°C, el Gobierno Autónomo Descentralizado parroquial de Zumbahua (2015) indica: “Existen dos estaciones: verano que va desde septiembre hasta mediados de noviembre e invierno desde finales de noviembre hasta agosto, no obstante se ha percibido variaciones en estos periodos existiendo prolongación del verano hasta los meses de diciembre y enero” (p.23), esta variación de temperatura es perjudicial para los cultivos debido a que las heladas dañan los productos, así mismo la prolongación del verano crea sequías las cuales no permiten regar constantemente los cultivos.

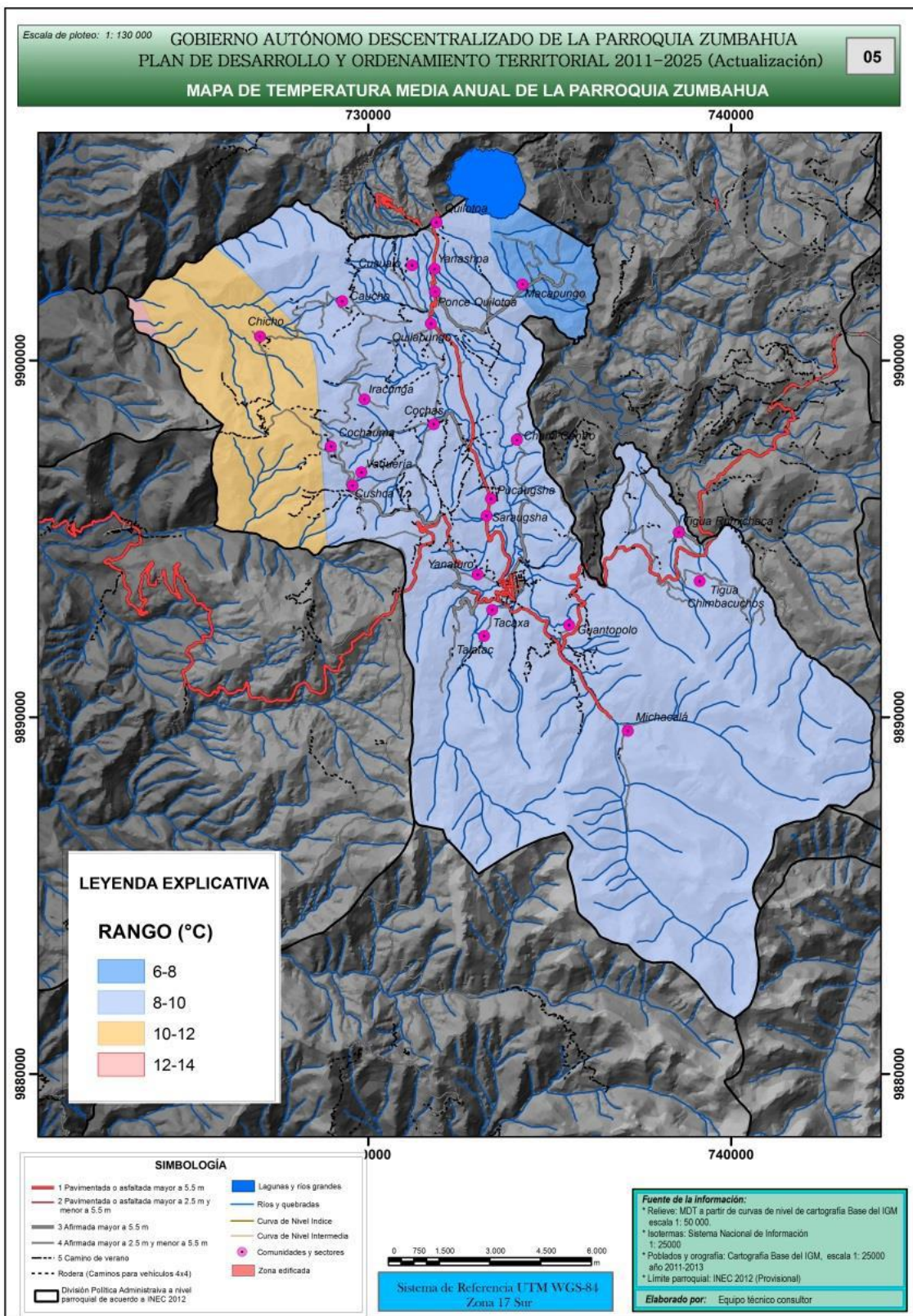


Figura 4: Mapa de temperatura media anual de la parroquia de Zumbahua. Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Zumbahua, 2015.

2.1.1.3. *Precipitación*

La precipitación según Monsalve (1999) es el: “Agregado de partículas acuosas, líquidas o sólidas, cristalizadas o amorfas, que caen de una nube o grupo de nubes y alcanzan el suelo” (p.21).

En la parroquia de Zumbahua debido a la diferencia de altitudes y la amplia área de páramos, la parroquia recibe de 500 a 2000 mm de precipitación anual. De acuerdo al (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Zumbahua, 2015) los meses de lluvia son desde enero a mayo y de septiembre a noviembre en los cuales se distribuyen los mm de precipitación,

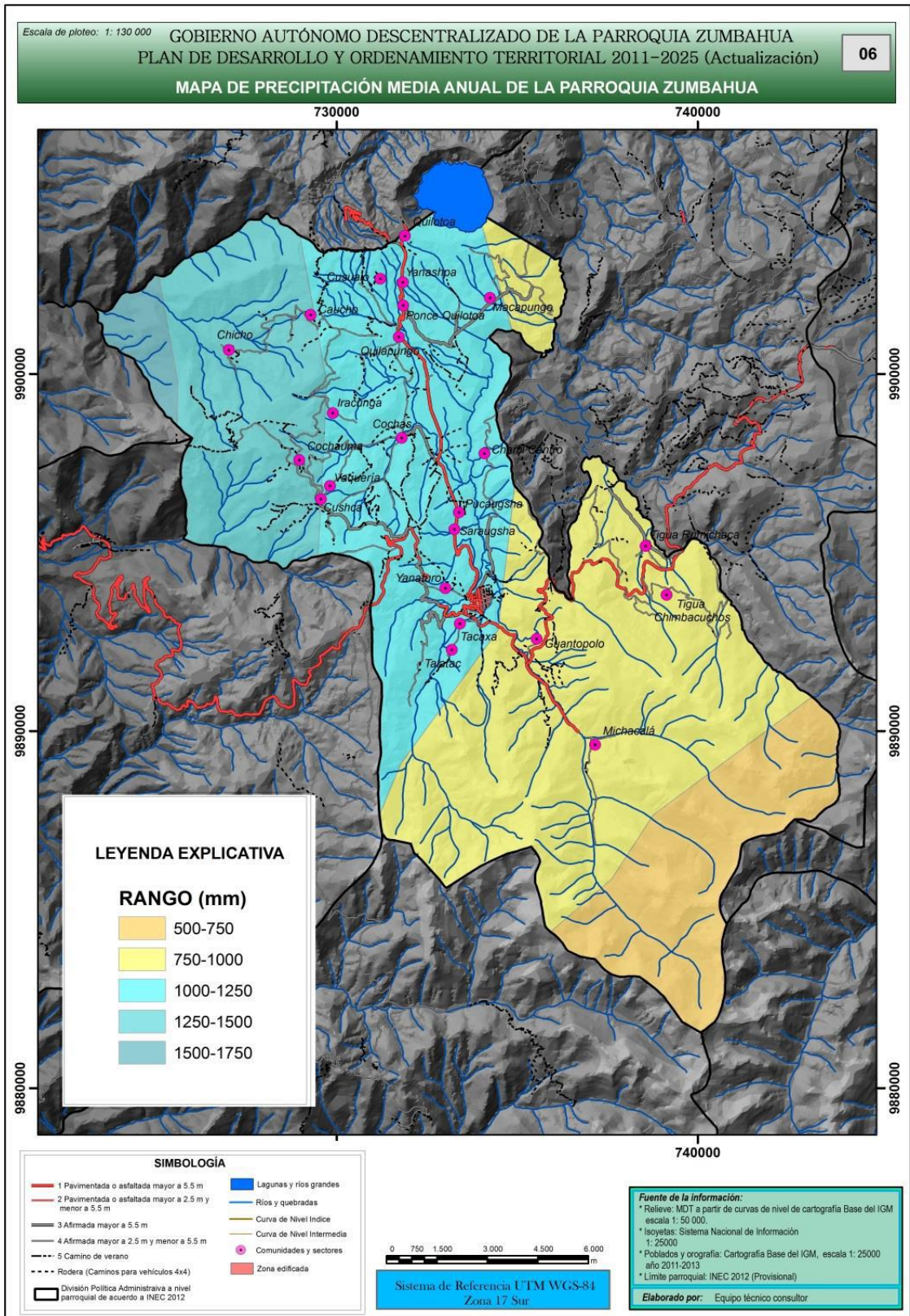


Figura 5: Mapa de precipitación media anual de la parroquia Zumbahua. Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Zumbahua, 2015.

2.1.2. Diseño hidráulico

Las bocatomas o captaciones superficiales son obras hidráulicas cuyo objetivo principal es captar agua de un río o cauce natural, la misma que servirá para riego de cultivos, almacenamiento de agua, generación de energía, navegación, etc.

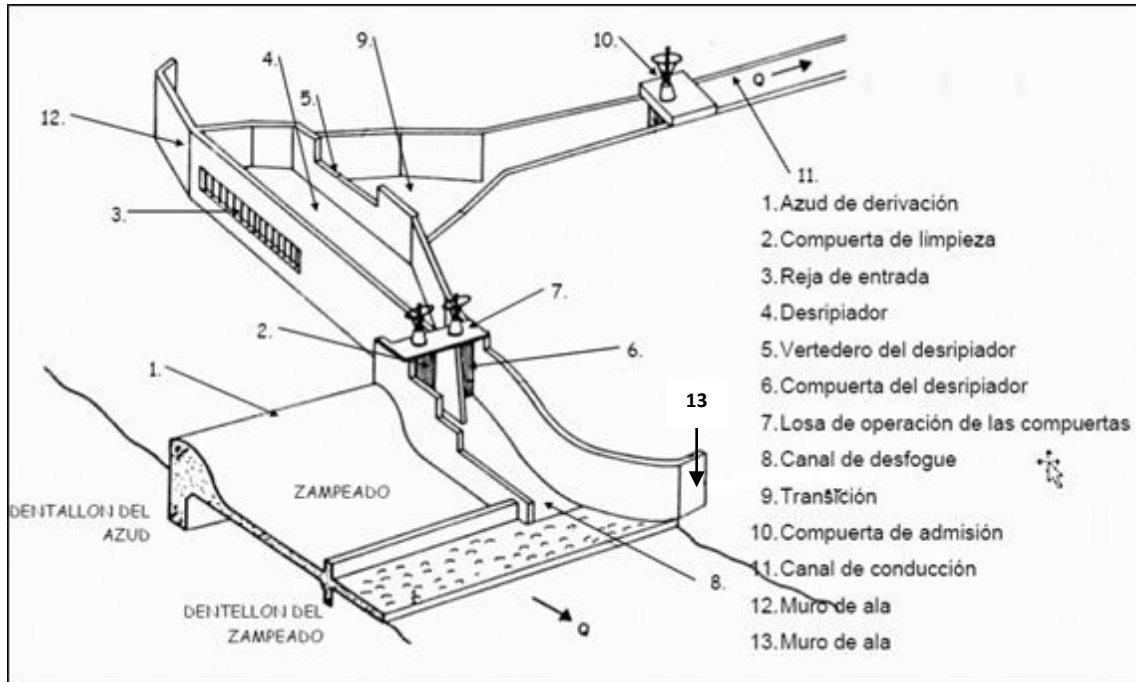


Figura 6: Partes de una captación superficial. Fuente: Krochin, 1978

2.1.2.1. Azud de derivación

“El azud de derivación es un vertedero cuya función es la descarga del agua excedente de las presas de almacenamiento debido a la falta de espacio o debido a crecidas del río” (Bureau of Reclamation, 1967).

El Bureau of Reclamation (1967) afirma que:

Los vertederos de cimacio tienen una sección en forma de S. La lámina de agua se adhiere al paramento del perfil, evitando el acceso de aire a la cara inferior de la lámina. Para las descargas efectuadas con la carga de proyecto, el agua se desliza sobre la cresta sin interferencia de la superficie que limita y alcanza casi su eficiencia máxima de descarga. El perfil en la parte que sigue de la curva superior del cimacio se continua en tangente a lo largo de un talud para soportar la lámina de agua sobre la superficie de derrame. Una curva

inversa al pie del talud desvía el agua hacia el lavadero de un estanque amortiguador o dentro del canal de descarga del vertedero. (p.293)

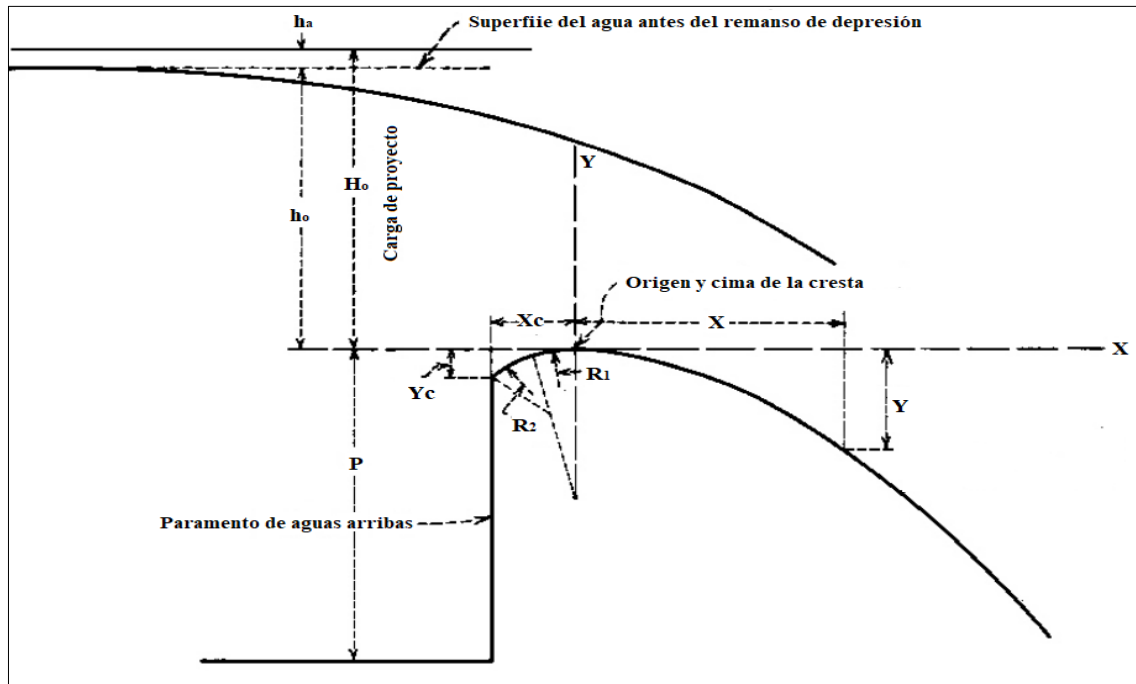


Figura 7: Perfil vertedero tipo cimacio. Fuente: United States. Bureau of Reclamation, 1967.

2.1.2.2. Disipador de energía

Debido a que el río es interrumpido por el azud de derivación, se crea una diferencia de alturas aguas arriba y abajo, la cual afecta al cauce erosionándolo e inclusive puede dañar las obras continuas, por esta razón se necesita un salto hidráulico el cual disipe la energía generada (Krochin, 1978).

Chow (1982) confirma que:

Desde un punto de vista práctico, el resalto hidráulico es un medio útil para disipar el exceso de energía en un flujo supercrítico. Su mérito está en prevenir la posible erosión aguas abajo de vertederos de rebose, rápidas y compuertas deslizantes, debido a que se reduce rápidamente la velocidad del flujo sobre un piso protegido hasta un punto donde el flujo pierde su capacidad de socavar el lecho del canal natural aguas abajo. El resalto hidráulico utilizado para la disipación de energía a menudo se confina parcial o totalmente en un tramo del canal que se conoce como cuenco de disipación

o cuenco de aquietamiento, cuyo fondo se recubre para resistir la socavación. (p.378)

2.1.2.3. *Rejilla de entrada*

La rejilla de entrada es por donde se capta el agua requerida por el proyecto. De acuerdo a Krochin (1978):

El agua se capta por medio de un orificio que se encuentra en una de las orillas, Este orificio está provisto de barrotes verticales que impiden la entrada de material flotante y de piedras mayores del espacio entre los mismos. El orificio está dentro de un muro que separa el desripiador del río. (p.29)

2.1.2.4. *Desripiador*

El desripiador se encuentra ubicado después de la rejilla de entrada y de acuerdo a Krochin (1978): “Sirve para detener las piedras que alcanzaron a pasar entre los barrotes y que no deben entrar al canal”(p.32).

Debido a la presencia de partículas en el desripiador, se espera una baja velocidad dentro de la cámara para que así las partículas se puedan asentar a lo largo de la misma, por este motivo se necesita una compuerta de purga para poder limpiar todos los sedimentos.

2.1.2.5. *Vertedero*

El vertedero o aliviadero de acuerdo a la revista ARQHYS (2012) es: “Una estructura hidráulica cuya finalidad es la de permitir que pase el agua a los escurrimientos superficiales”.

Los vertederos se clasifican según el espesor de su pared.

- **Vertedero de pared delgada:** De acuerdo a Krochin (1978) los vertederos de pared delgada son:

Aquellos en el que el contacto entre la cresta del vertedero y el agua es una sola línea. Se considera también que un vertedero tiene cresta delgada si entre el espesor de su pared “e” y la carga de agua “H” se mantiene una relación mayor a 1.5. (p.396)

$$\frac{H}{e} > 1.5$$

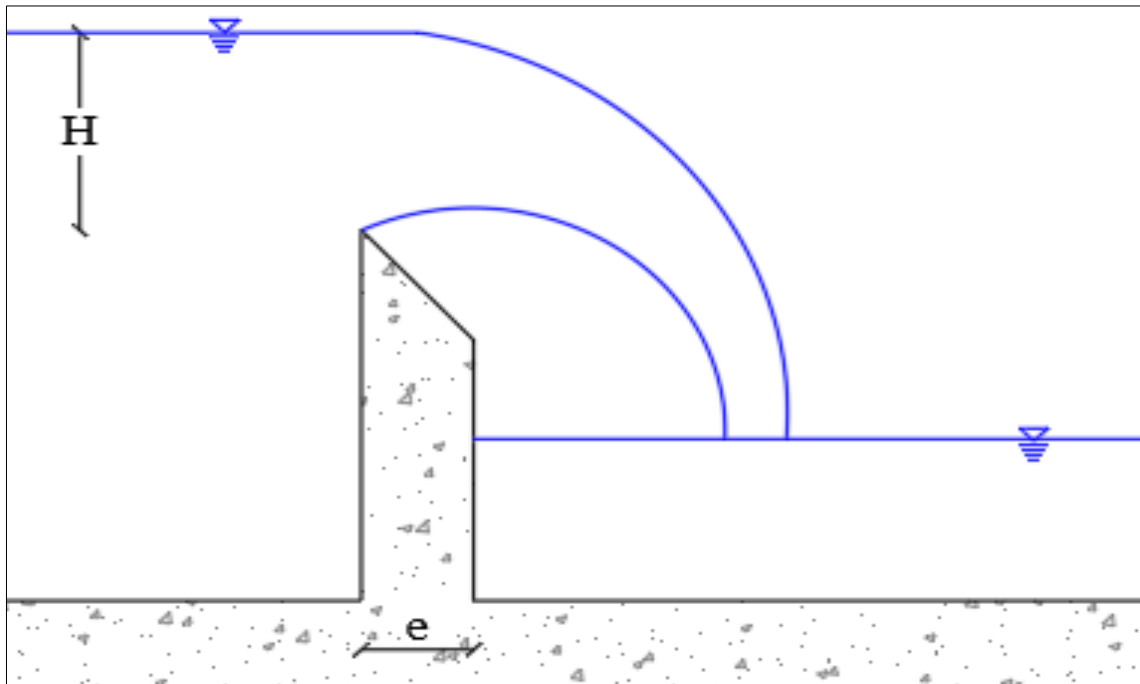


Figura 8: Vertedero de pared delgada. Fuente: Sandoval, 1993. Modificado por: Luis Aguirre

- **Vertedero de pared gruesa:** Los vertederos de pared gruesa son principalmente utilizados para el control de los niveles en los ríos o canales. Para determinar que sea un vertedero de pared gruesa, Sandoval (1993) afirma que: “El ancho de la cresta varía entre $2H < s < 10H$. Mientras que el valor de s se encuentre dentro del rango, las pérdidas por longitud todavía son despreciables” (p.206).

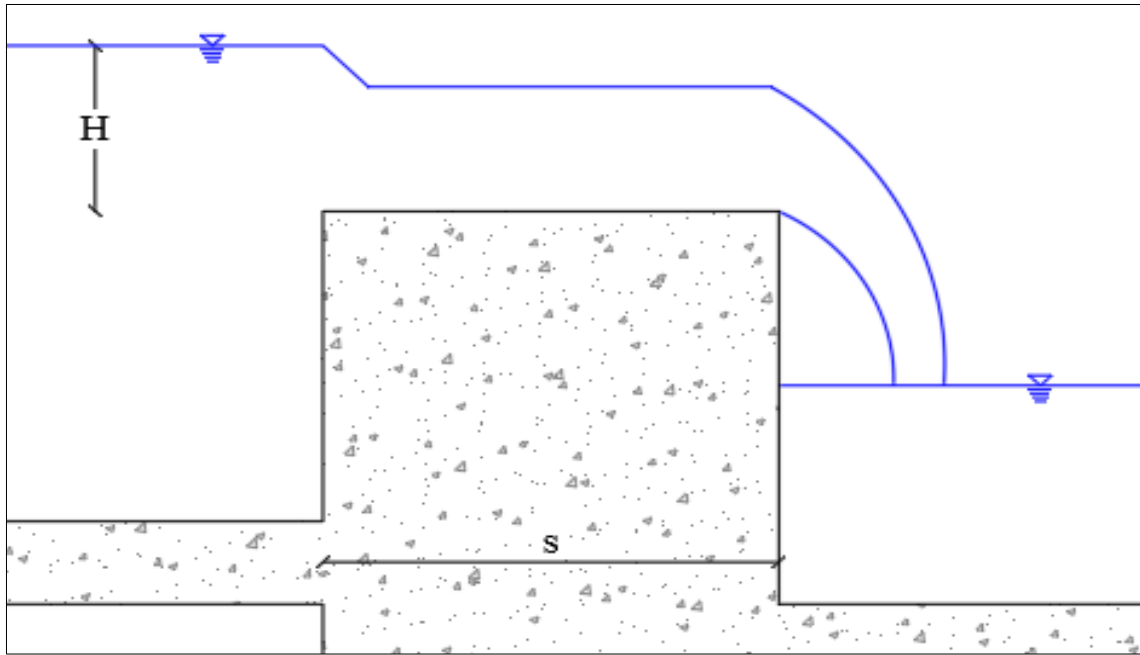


Figura 9: Vertedero de pared gruesa. Fuente: Sandoval, 1993. Modificado por: Luis Aguirre

2.1.2.6. Compuertas

Las compuertas son un caso de orificios grandes, es decir, aquellos en los que la dimensión vertical “a” es apreciable, comparada con la carga “H” sobre el centro de gravedad. Generalmente, se consideran como tales aquellos en los que es relación a/H es mayor de 0.1. (Krochin, 1978, p.393)

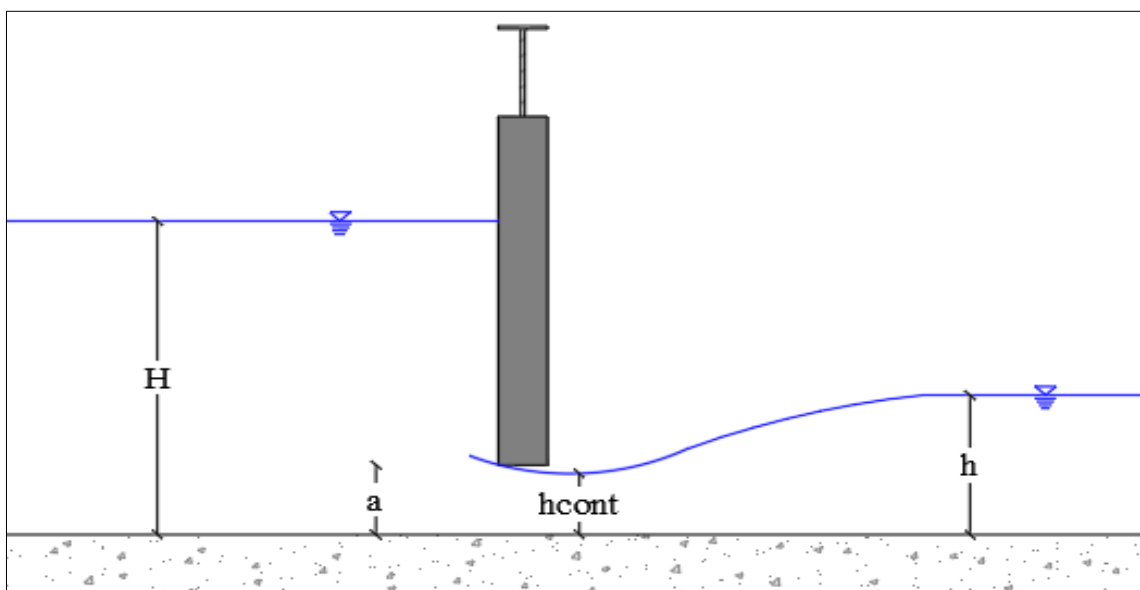


Figura 10: Compuerta. Fuente: Krochin, 1978. Modificado por: Luis Aguirre

2.2. Diseño estructural de obras de captación superficial

2.2.1. Azud

El azud es la estructura que interrumpe el cauce del río para poder elevar el nivel de agua y así poder captarla. Debido a que el azud es el que retiene el agua se le considera la estructura más importante de una bocatoma, por este motivo se debe garantizar la estabilidad del mismo.

Uno de los factores para comprobar la estabilidad del azud es el lugar de implantación ya que es poco frecuente encontrar una roca en donde apoyarlo, la mayoría de las implantaciones se las realiza en un suelo formado por arena, grava o arcilla.

Una vez conocido las propiedades del lugar de implantación, se verifica que las fuerzas que actúan sobre el azud no produzcan hundimientos, deslizamientos o volcamientos (Krochin, 1978).

2.2.2. Muros

Los muros de contención de acuerdo a Barros (1974): “Son obras destinadas a la contención de tierras en general. Los muros deberán ser capaces de sostener efectos de empuje dados por la tierra y por el agua que se infiltra a través del suelo” (p.11).

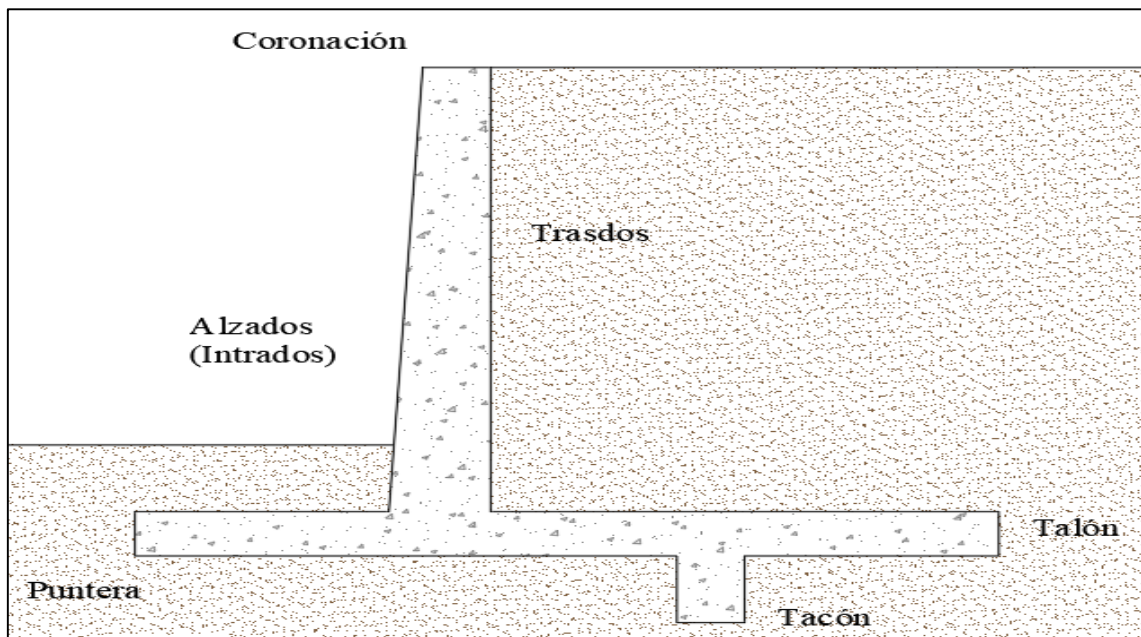


Figura 11: Muro de contención. Fuente: Barros, 1974. Modificador por: Luis Aguirre

Según Braja. M. (2013): “Los muros de contención proporcionan apoyo lateral permanente a taludes verticales o casi verticales del suelo” (p.418). Es un apoyo permanente debido a las acciones que el suelo ejerce sobre la estructura, estas acciones se conocen como empuje de suelo. El empuje puede ser:

- **Empuje activo:** “Se produce este tipo de empuje cuando la estructura de contención se desplaza o gira hacia el exterior y, por tanto, el terreno se descomprime” (Geotecnia Fácil, s/f).

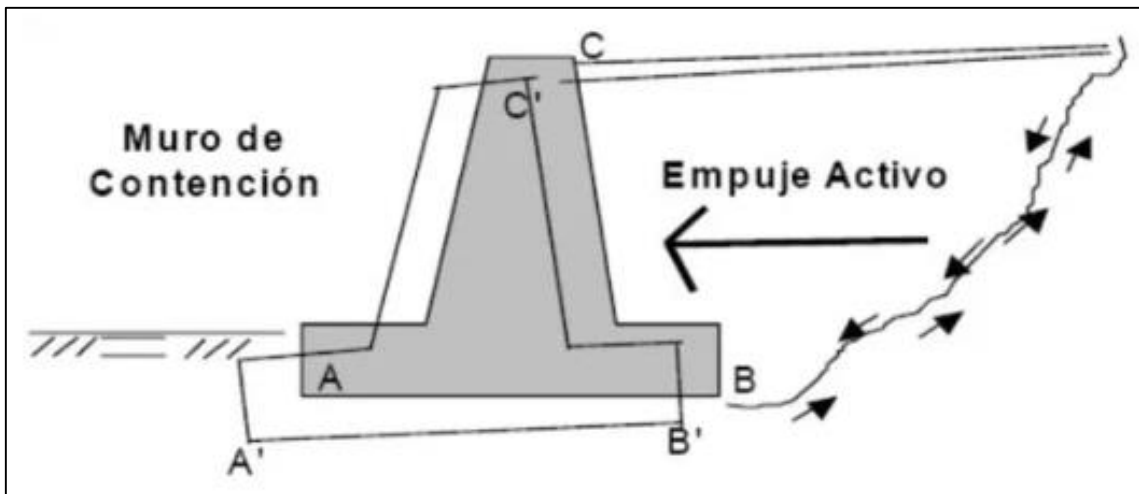


Figura 12: Empuje activo. Fuente: Geotecnia Fácil

- **Empuje pasivo:** “Este empuje se produce cuando el elemento de contención se desplaza o rota hacia el interior del terreno y, por tanto, lo empuja y comprime” (Geotecnia Fácil, s/f).

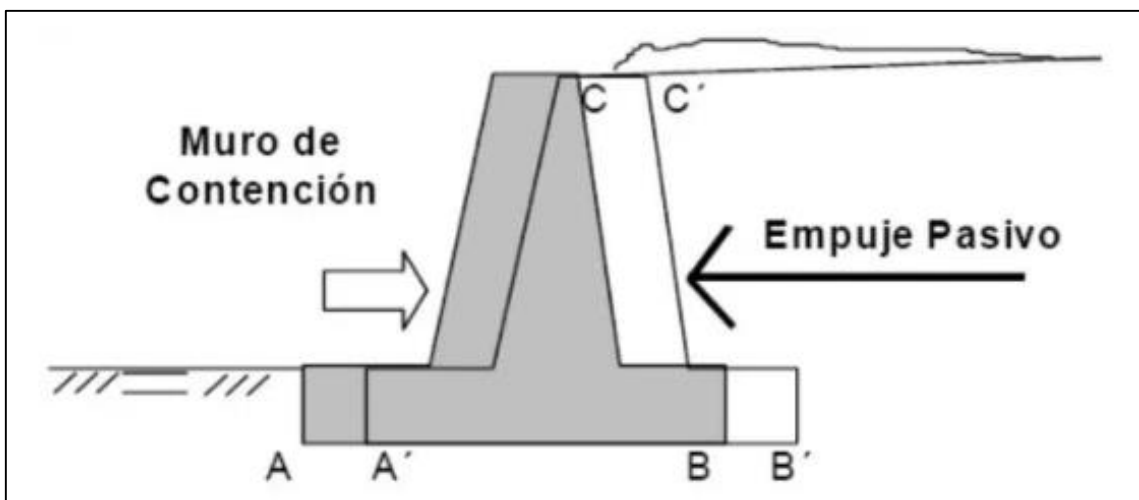


Figura 13: Empuje pasivo. Fuente: Geotecnia Fácil

Los muros de contención se utilizan en los proyectos de construcción y se los puede clasificar según las condiciones y necesidades del proyecto.

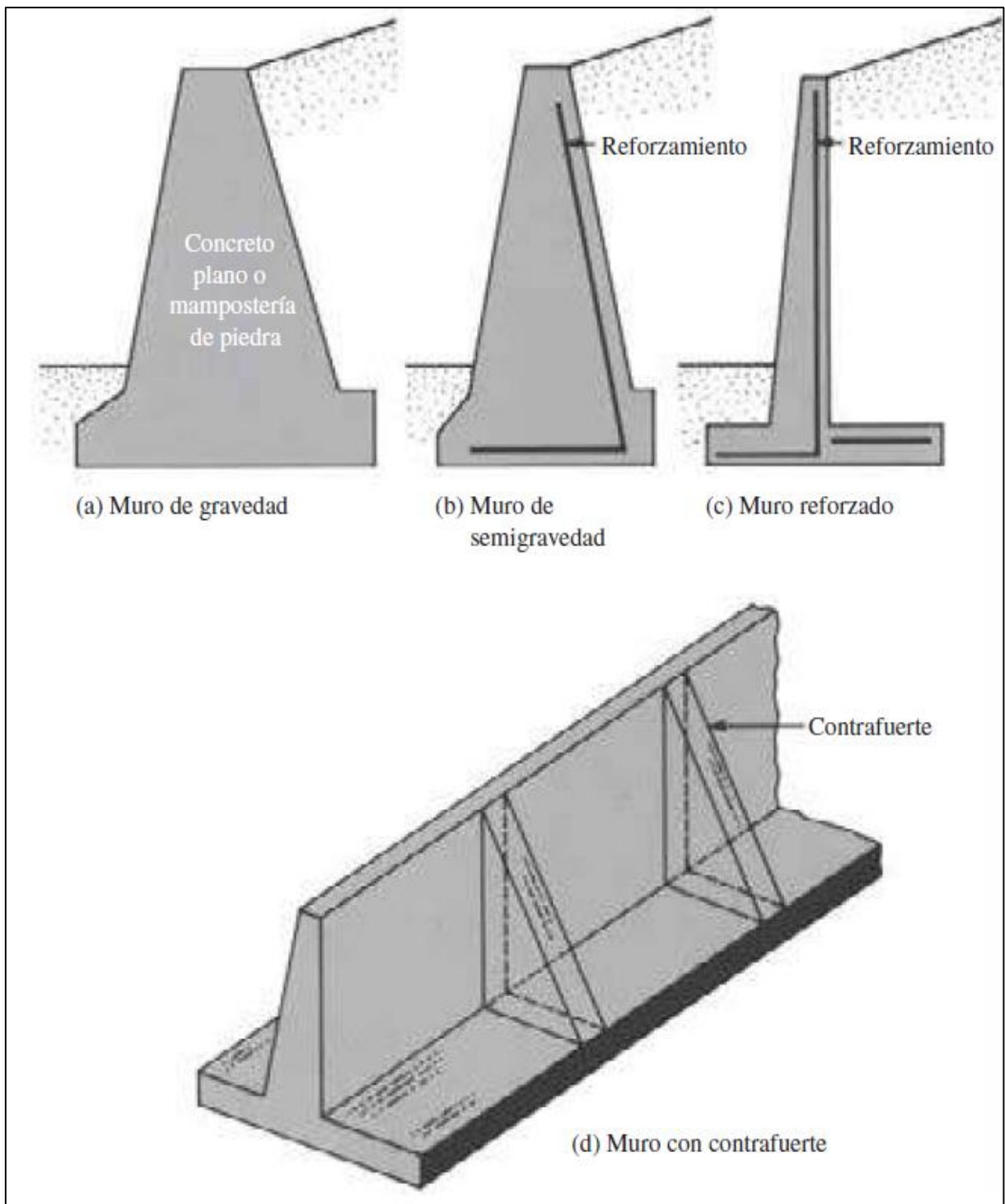


Figura 14: Tipos de muros de contención. Fuente: Braja. M., 2013.

2.2.2.1. Muros de Gravedad

“Los muros de gravedad se construyen con concreto plano o mampostería de piedra. Ellos dependen de su propio peso y cualquier apoyo del suelo sobre la mampostería para la estabilidad. Este tipo de construcción no es económico para muros altos”(Braja. M., 2013, p.318).

2.2.2.2. Muros reforzados

Según Braja. M. (2013): “Los muros reforzados están hechos de concreto reforzado que consiste en un espolón delgado y una losa de base. Este tipo de pared es económica hasta una altura de alrededor de 8m” (p.419). Estos muros pueden ser clásicos, pueden carecer de puntera y pueden carecer de talón como se indica en la figura 11, figura 15 y figura 16 respectivamente.

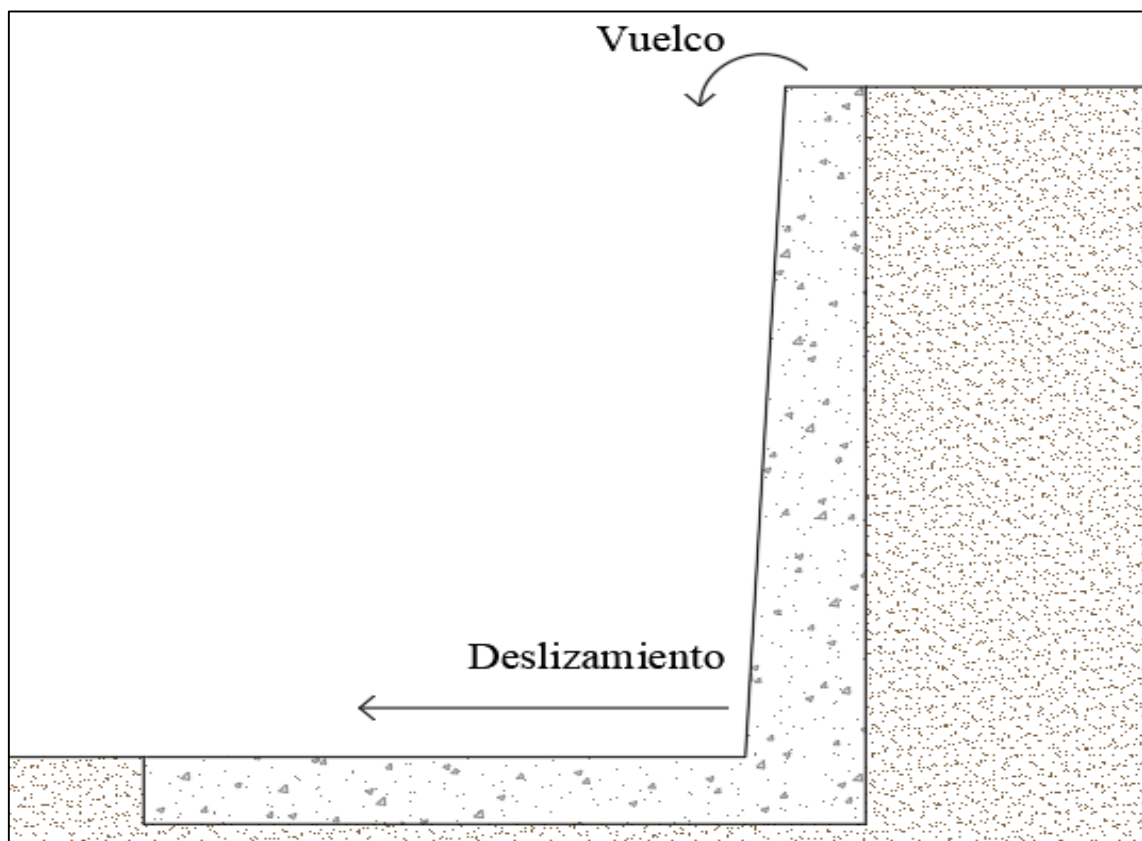


Figura 15: Muro carente de puntera. Fuente: Barros, 1974. Modificador por: Luis Aguirre.

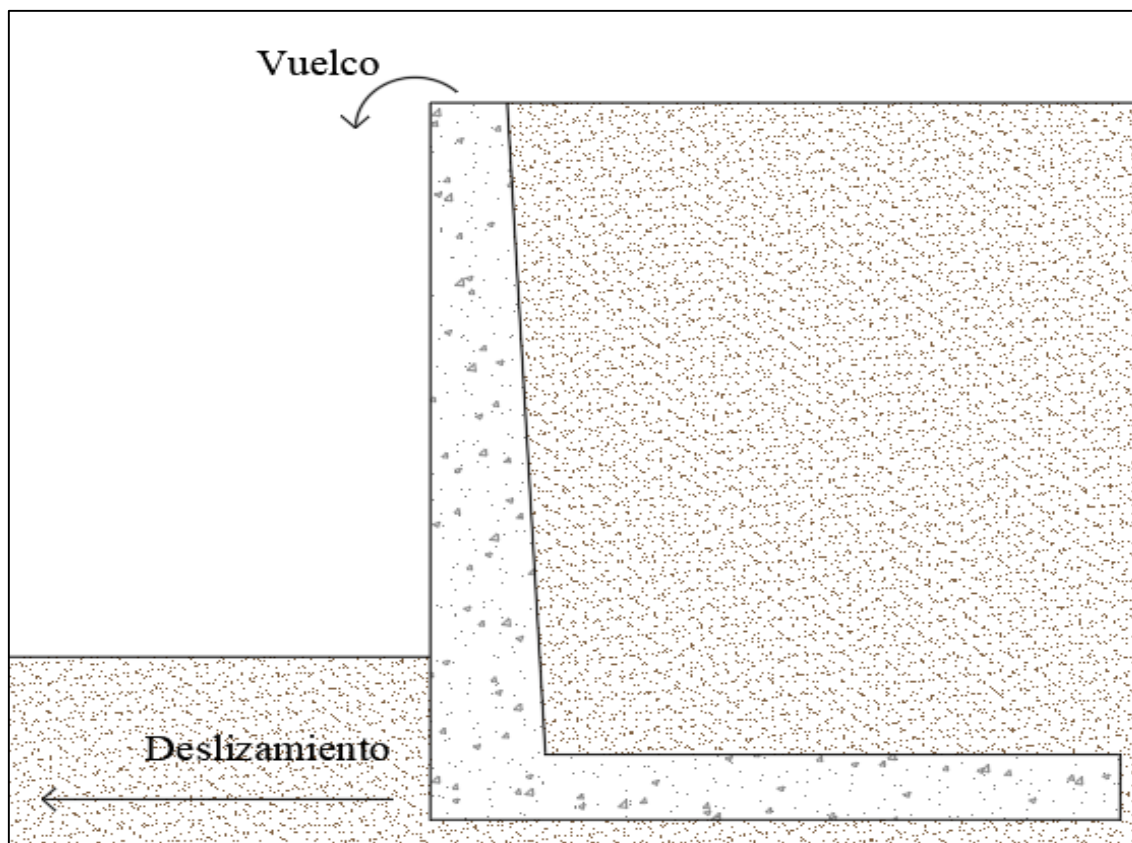


Figura 16: Muro carente de talón. Fuente: Barros, 1974. Modificador por: Luis Aguirre.

2.2.2.3. Muros con contrafuerte

“Similares a las paredes reforzadas. Sin embargo, a intervalos regulares tienen delgadas losas verticales de concreto conocidas como contrafuertes, que une a la pared y la losa de base. El propósito es reducir el esfuerzo cortante y los momentos de flexión” (Braja. M., 2013, p.419), ver figura 14(d).

2.3. Presupuesto

El presupuesto de un proyecto o de una obra, es el valor que se estima que va a costar el proyecto, con base en los estudios finales e indispensablemente tomando en cuenta la experiencia obtenida en otros proyectos similares.(López Aguilar, 2009).

El presupuesto debe ser realizado de tal forma que permita llevar un seguimiento de cada etapa del proyecto, el cual permita controlar el valor exacto del proyecto en cualquier momento de su desarrollo.

Existen ciertas propiedades con las cuales un presupuesto debe contar para establecer el valor del proyecto y para mantener un control del proyecto. De acuerdo a González (2011), un presupuesto debe ser:

- **Sectorizado:** Para que se pueda inclusive llegar a desarrollarse por etapas o sectores de obra, de acuerdo con el grado de avance y/o a las necesidades de control del proyecto.
- **Exacto:** De tal manera que el grado de aproximación de cada una de sus etapas, sea el mejor logrado posible, con un alto grado de confiabilidad.
- **Dinámico y ágil:** De tal manera que en cada etapa permita arreglos y ajustes, en medida que así se requieran.
- **Controlable:** Que permita ejercer un control presupuestal, antes y durante el desarrollo del proyecto, hasta su culminación. (p.2)

2.3.1. Precios unitarios

Precio unitario se define como el valor que se debe pagar por cada unidad de medida de un rubro específico. El rubro es una subunidad de producción, para el desarrollo del mismo se debe analizar los costos directos y costos indirectos, que se va a emplear para su producción.

2.3.1.1. Costos directos

Los costos directos son los costos de los materiales, mano de obra, equipo y transporte que se necesitan para ejecutar un rubro y que se encuentran físicamente en la obra.

Para los costos de mano de obra se debe tener en cuenta que todo el personal implicado en el proyecto o en la obra debe estar afiliado según el Código de Trabajo y la ley de Seguro Social, de igual manera el costo horario del personal del proyecto o de la obra deberá regirse a los salarios mínimos establecidos por la Contraloría General del Estado (Quiranza, 2016).

Los materiales y equipos que se utilizan para el desarrollo del proyecto se los debe conseguir con proveedores de la zona, en caso de no existir los materiales o equipos en la zona se debe considerar el costo de transporte hacia el proyecto.

2.3.1.2. *Costos indirectos*

Los costos indirectos son los costos necesarios para el desarrollo del rubro y que no se encuentran físicamente en la obra, es decir son las acciones, actividades, trabajos o servicios que se realizaron para lograr el desarrollo de un proyecto o una obra.

Los costos indirectos se componen de:

- **Costos indirectos de administración central**

Los costos indirectos de administración central tienen que ver con los gastos que el constructor hace para que su empresa funcione correctamente y preste un servicio adecuado a cada proyecto u obra que posee.

- **Costos indirectos de obra**

Los costos indirectos son los gastos administrativos que cada proyecto u obra necesita para su desarrollo. En estos gastos pueden estar servicios básicos en la obra, transporte del personal, instalaciones de la obra, imprevistos, etc.

Debido a que estos costos no se encuentran en la obra no poseen un rubro en específico, por esta razón estos valores se consideran como un porcentaje de los costos directos.

2.3.2. *Cantidades de obra*

Las cantidades de obra son fundamentales en el presupuesto debido a que en base a estas se obtendrá el costo total del proyecto. De acuerdo a González (2011):

Esta etapa, también conocida como “Cubicación” está referida a la consecución organizada de las cantidades de obra, o lo que es lo mismo a la obtención de la cantidad medible de cada tipo de tarea o actividad diferente que se va a desarrollar durante todo el proceso de construcción del proyecto.

Esta parte cuantitativa es trabajable en la medida que previamente estén definidas las características cualitativas del proyecto, lo que significa definido tanto los planos en su mejor detalle, como las especificaciones del proyecto.
(p.11)

2.4.Marco legal

2.4.1. Constitución de la República

Publicada en el Registro Oficial 449, del 20 de octubre de 2008.

Última modificación: 1 de agosto de 2018

Los artículos 12, 313, y 318 de la Constitución de la República consagran el principio de que el agua es patrimonio nacional estratégico, de uso público, dominio inalienable, imprescindible e inembargable del Estado y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos, reservado para el Estado el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

El artículo 318 de la Constitución prohíbe toda forma de privatización del agua y determina que la gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria y que el servicio de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias; prescribe además que el Estado a través de la Autoridad Única del Agua, será responsable directa de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano y riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación y que se requerirá autorización estatal para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua.(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

El artículo 314 de la Constitución de la República asigna al Estado la responsabilidad de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego para lo cual dispondrá que sus tarifas sean equitativas y establecerá su control y regulación. La misma norma determina que el Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios.

El artículo 411 de la Constitución dispone que el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico y que regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y zonas de recarga. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

La Primera Disposición Transitoria de la Constitución de la República dispone que la ley que regule los recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua, incluirá los permisos de uso y aprovechamiento, actuales y futuros, sus plazos, condiciones, mecanismos de revisión y auditoría para asegurar la formalización y distribución equitativa de este patrimonio.

Los artículos 66 y 276 reconocen y garantizan a las personas y colectividades el derecho al acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo y a una vida digna que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios.

El artículo 281 de la Constitución de la República establece que la soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente. Para ello, dispone que será responsabilidad estatal promover políticas redistributivas que permitan el acceso del campesinado a la tierra, al agua y a otros recursos productivos.

El artículo 282 de la Constitución prohíbe el acaparamiento o privatización del agua y sus fuentes.

2.4.2. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua

Publicada en el Registro Oficial Suplemento 305, del 6 de agosto de 2014

En su artículo 1 establece que los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Ley.

El artículo 3 cita que el objeto de la presente Ley es garantizar el derecho humano al agua, así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el *sumak kawsay* o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución.

El artículo 8 establece que la Autoridad Única del Agua es responsable de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos con un enfoque ecosistémico y por cuenca o sistemas de cuencas hidrográficas, la misma que se coordinará con los diferentes niveles de gobierno según sus ámbitos de competencia.

Se entiende por cuenca hidrográfica la unidad territorial delimitada por la línea divisoria de sus aguas que drenan superficialmente hacia un cause común, incluyen en este espacio poblaciones, infraestructura, áreas de conservación, protección y zonas productivas.

En el artículo 11 se consideran obras o infraestructura hidráulica las destinadas a la captación, extracción, almacenamiento, regulación, conducción, control y aprovechamiento de las aguas.....

El artículo 12 establece que el Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de agua que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley.

El artículo 21 define que la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), es un organismo de derecho público, de carácter técnico-administrativo, adscrito a la Autoridad Única del Agua, con personalidad jurídica, autonomía administrativa y financiera, con patrimonio propio y jurisdicción nacional.

En el artículo 24 se establece que corresponde a la Autoridad Única del Agua la administración del Registro Público del Agua, en el cual deben inscribirse:

Citamos los artículos relacionados con nuestro proyecto

- a) Las autorizaciones de uso y de aprovechamiento del agua, con indicación de la respectiva captación y su localización en coordenadas geográficas o planas;
- b) Las autorizaciones de vertidos emitidas por la Autoridad Ambiental Nacional;
- d) Los estudios y planos de obras hidráulicas para captación y conducción para el uso o aprovechamiento aprobados;

En el Artículo 40 corresponde a los principios y objetivos para la gestión de riego y drenaje. El riego y drenaje es un medio para impulsar el buen vivir o sumak kawsay. La gestión del riego y drenaje se regirán por los principios de redistribución, participación, equidad y solidaridad con responsabilidad ambiental.

El artículo 47 contempla la definición y atribuciones de las juntas de riego como organizaciones comunitarias sin fines de lucro, que tienen por finalidad la prestación del servicio de riego y drenaje, bajo criterios de eficiencia económica, calidad en la prestación de servicio y equidad en la distribución del agua.

Son atribuciones de la junta de riego, en coordinación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales:

- a) Gestionar la infraestructura del sistema, sea propia de la junta o cedida en uso a ella por el Estado, a través de los diferentes niveles de gobierno;
- b) Tramitar con los diferentes niveles de gobierno o de manera directa, la construcción de nueva infraestructura, pudiendo recabar para ello ayuda financiera;

Para el efecto deberá contar con la respectiva viabilidad técnica emitida por la Autoridad Única del Agua;

- c) Realizar el reparto equitativo del agua que le sea autorizada entre los miembros del sistema siguiendo las regulaciones que emita la Autoridad Única del Agua;
- d) Resolver los conflictos que puedan existir entre sus miembros. En caso de que el conflicto no se pueda resolver, recurrirán ante la Autoridad Única del Agua;
- e) Establecer, recaudar y administrar las tarifas por la prestación del servicio a partir de los criterios técnicos regulados por la Autoridad Única del Agua;
- f) Imponer las sanciones sobre los usuarios correspondientes a las infracciones administrativas establecidas en sus estatutos u ordenanzas conforme al régimen general previsto en esta Ley;
- g) Entregar a la Autoridad Única del Agua, la información que le solicite, siempre que esté relacionada con el ejercicio de sus competencias;
- h) Colaborar con la Autoridad Única del Agua en la protección de las fuentes de abastecimiento de agua del sistema de riego evitando su contaminación;
- i) Participar en los consejos de cuenca a través de su representante sectorial, y;
- j) Todas las demás que se establecen en el Reglamento a esta Ley.

El artículo 48 se refiere al Reconocimiento de las formas colectivas y tradicionales de manejo del agua, propias de comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades y el respeto a sus derechos colectivos en los términos previstos en la Constitución y la ley.

Se reconoce la autonomía financiera, administrativa y de gestión interna de los sistemas comunitarios de agua de consumo y riego.

El artículo 54 se refiere a que los sistemas comunitarios podrán gestionar de forma integrada los servicios de abastecimiento de agua de consumo humano y riego en aquellas áreas en las cuales resulte aconsejable esta forma de gestión.

El artículo 55 se refiere a los sistemas de abastecimiento de agua de consumo humano y riego construidos por las organizaciones que integran los sistemas comunitarios de gestión del agua forman parte del patrimonio comunitario, cultural y etnográfico del Ecuador.

El artículo 76 precisa que, para efectos de esta Ley, caudal ecológico es la cantidad de agua, expresada en términos de magnitud, duración, época y frecuencia del caudal específico y la calidad de agua expresada en términos de rango, frecuencia y duración de la concentración de parámetros que se requieren para mantener un nivel adecuado de salud en el ecosistema.

La Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional establecerá reglamentariamente los criterios, parámetros y metodologías para la determinación del caudal ecológico de acuerdo con las condiciones y las características de los cuerpos de agua, que serán considerados dentro de la planificación hídrica nacional.

El artículo 86 cita que de conformidad con la disposición constitucional, el orden de prelación entre los diferentes destinos o funciones del agua es:

- a) Consumo humano;
- b) Riego que garantice la soberanía alimentaria;
- c) Caudal ecológico; y,
- d) Actividades productivas.

El agua para riego que garantice la soberanía alimentaria comprende el abrevadero de animales, acuicultura y otras actividades de la producción agropecuaria alimentaria doméstica; de conformidad con el Reglamento de esta Ley.

2.4.3. Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua

Decreto Ejecutivo 650 publicado en el Registro Oficial Suplemento 483, de 20 de abril de 2015

Última modificación: 21 de agosto de 2015

Artículo 1.- Composición del Sistema Nacional Estratégico del Agua. - De acuerdo con lo previsto en el artículo 15 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua, el Sistema Nacional Estratégico del Agua está compuesto por:

1. La Autoridad Única del Agua, quien lo dirige;

2. El Consejo Intercultural y Plurinacional del Agua;
3. Los Ministerios de Agricultura, Salud y Ambiente, y los demás que se dispongan por Decreto Ejecutivo;
4. La Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), adscrita a la Autoridad Única del Agua;
5. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados; y,
6. Los Consejos de Cuenca

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados, en el ámbito del agua y los servicios públicos, ejercerán las competencias que les otorga el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización y la Ley. Su relación con la Secretaría del Agua, estará basada en los principios de autonomía, coordinación y complementariedad.

Artículo 2.- La Autoridad Única del Agua es la Secretaría del Agua. Dirige el Sistema Nacional Estratégico del Agua y es persona jurídica de derecho público. Su titular será designado por el Presidente(a) de la República y tendrá rango de Ministro(a) de Estado.

Corresponde a la Secretaría del Agua la rectoría, planificación y gestión de los recursos hídricos. Sus competencias son las establecidas en el artículo 18 de la Ley.

Su gestión será desconcentrada en el territorio y se basará en el criterio de respeto a la cuenca hidrográfica.

A la Secretaría del Agua está adscrita la Agencia de Regulación y Control del Agua. Cuenta para su actuación con la Empresa Pública del Agua.

Artículo 3.- Estructura de la Secretaría del Agua. - La Secretaría del Agua dispone de una organización central compuesta de órganos cuya competencia se extiende a todo el territorio del país y una organización desconcentrada cuya base territorial dependerá de la Demarcación Hidrográfica.

Artículo 31.- Prestación integrada de servicios públicos de abastecimiento de agua de consumo humano y riego. - De conformidad con lo previsto en el artículo 54 de la Ley, los servicios de abastecimiento de agua de consumo humano y riego podrán gestionarse de forma integrada en aquellas áreas en las que resulte aconsejable esta

forma de gestión según los parámetros establecidos por la Secretaría del Agua. A esos efectos, las Juntas titulares de cada uno de los servicios en dicho ámbito territorial solicitarán autorización a la Autoridad de la Demarcación Hidrográfica acompañándola de un convenio suscrito por todas ellas en el que deberá constar:

- a) La descripción técnica y económica de la forma de prestación de los servicios;
- b) Los acuerdos de las Juntas en los que conste la conformidad con la prestación y con el convenio mencionado;
- c) Las formas organizativas que se adoptarán para la prestación;
- d) Las obras hidráulicas que, en su caso, deban realizarse para la prestación integrada, su presupuesto y plazo de realización;
- e) El impacto económico que ésta tendrá sobre las tarifas a percibir de los usuarios de los servicios que presten las Juntas, así como el impacto sobre la prestación de los servicios a sus miembros.

La Autoridad de la Demarcación Hidrográfica adoptará la decisión que proceda, que notificará a las Juntas solicitantes indicando, si la decisión es positiva, la fecha de comienzo de la integración de los servicios y cuantos otros pormenores fueren necesarios.

La resolución de autorización de la Secretaría se incorporará al Registro Público del Agua, en la forma regulada para las inscripciones en este Reglamento.

De acuerdo con lo determinado en el artículo 45 de esta Ley, los prestadores de agua potable, saneamiento y riego serán reconocidos como juntas administradoras de agua potable y juntas de riego.

Artículo 48.- Definición. - Las Juntas de Riego son organizaciones comunitarias sin fines de lucro, que tienen por finalidad la prestación del servicio de riego y drenaje, según sea el caso, bajo criterios de eficiencia económica, calidad en la prestación del servicio y equidad en la distribución del agua.

El procedimiento para la creación de las nuevas Juntas de Agua Potable y adaptación de los Estatutos de las existentes lo determinará la Secretaría del Agua.

2.4.4. Código Orgánico del Ambiente

Publicada en el Registro Oficial Suplemento 983, del 12 de abril de 2017

Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017

Art. 1.- Objeto. Este Código tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o sumak kawsay. Las disposiciones de este Código regularán los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como los instrumentos que fortalecen su ejercicio, los que deberán asegurar la sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente, sin perjuicio de lo que establezcan otras leyes sobre la materia que garanticen los mismos fines.

2.4.5. Plan Nacional de Riego y Drenaje

El Gobierno Nacional impulsa el Plan Nacional de Riego proyectado hasta el 2027. El propósito es ampliar la cobertura y mejorar la eficiencia del riego, mediante el fortalecimiento de las organizaciones de regantes.

Para ello, el Plan prevé fortalecer la institucionalidad y mejorar las capacidades del Estado. Además, promueve la redistribución equitativa de los caudales desde un enfoque de derecho para garantizar la calidad y cantidad de agua para riego, y así ejercer la rectoría, planificación, regulación; y seguimiento de la gestión integral del riego y drenaje a nivel nacional.

Objetivos:

1. Ampliar la cobertura y mejorar la eficiencia social económica y ambiental de todos los sistemas de riego.
2. Fortalecer a los grupos de regantes para asumir la cogestión y gestión de los sistemas de riego y drenaje de manera sostenible y eficiente.
3. Fortalecer la institucionalidad y mejorar las capacidades del Estado para impulsar la política integral del riego y drenaje, en el marco del proceso de desconcentración y descentralización.

4. Promover un proceso sostenido de reorganización y redistribución de caudales que asegure un acceso equitativo al agua de riego.
5. Garantizar la calidad y cantidad de agua para riego considerando a las presentes y futuras generaciones

Nota general:

Se ha citado artículos de la Constitución de la República del Ecuador (2008); de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (2014); del Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (2015), el Artículo 1 del Código Orgánico del Ambiente del Ministerio del Ambiente MAE (2017) que entró en vigencia el 13 de abril de 2018, y, finalmente se ha citado los objetivos del Plan Nacional de Riego y Drenaje (s/f), proyectado hasta el 2027, con la finalidad de asegurar que este proyecto se enmarque en estas disposiciones legales y técnicas, que a futuro sirvan de guía en la gestión de los promotores del presente proyecto.

CAPÍTULO III – DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

3.1. Estudio de la cuenca del río Zumbahua

“Una cuenca hidrográfica es un área definida topográficamente drenada por un curso de agua o un sistema conectado de cursos de agua, tal que todo el caudal efluente es descargado a través de una salida simple”(Monsalve, 1999, p.33).

Como se muestra en la figura 17 la cuenca que se analiza para el desarrollo de esta tesis fue definida en el proyecto “Dotación de estudios técnicos de hidrología e hidráulica para Juntas de Agua y Sistemas Comunitarios en la comuna de Tiglán, Zumbahua” el cual realizó el área de responsabilidad social de la facultad de ingeniería de la PUCE.

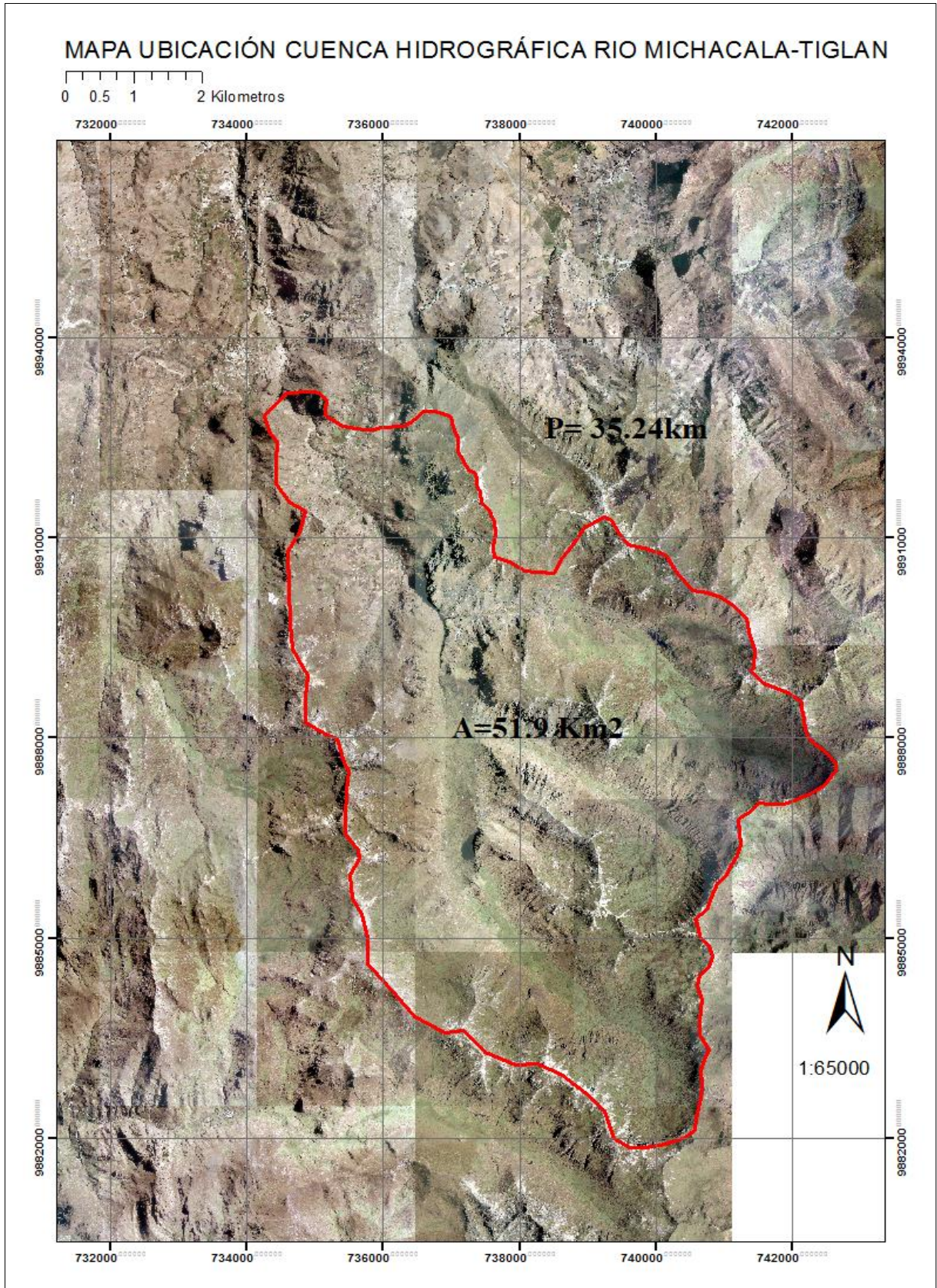


Figura 17: Mapa de ubicación cuenca hidrográfica Tigrán-Michacalá. Fuente: Sánchez y Garcés, 2018.

3.1.1. Características físicas de la cuenca

3.1.1.1. Área de drenaje (A)

El área de drenaje es la proyección horizontal de la cuenca, es decir el área plana de la cuenca en estudio, el área de drenaje de la cuenca hidrográfica el Tiglán–Michacalá es de 51.90 km².

3.1.1.2. Forma de la cuenca

3.1.1.2.1. Coeficiente de compacidad (Kc)

“Es la relación entre el perímetro de la cuenca y la longitud de la circunferencia de un círculo del área igual a la de la cuenca”(Monsalve, 1999, p.37).

$$K_c = 0.28 \frac{P}{A^{\frac{1}{2}}}$$

Ecuación 1

Fuente: (Monsalve, 1999)

Donde:

A: Área de drenaje. (Km²)

P: Perímetro de la cuenca. (Km)

Aplicando la ecuación 1 encontramos el coeficiente de compacidad

$$K_c = 0.28 \frac{P}{A^{\frac{1}{2}}}$$

$$K_c = 0.28 \frac{35.24}{51.90^{\frac{1}{2}}}$$

$$K_c = 1.37$$

3.1.1.2.2. Factor de forma (Kf)

“Es la relación entre ancho medio y la longitud axial de la cuenca. La longitud axial de la cuenca se mide cuando se sigue el curso de agua más largo desde la desembocadura hasta la cabecera más distante”(Monsalve, 1999, p.38).

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Ecuación 2

Fuente: (Monsalve, 1999)

Donde:

A: Área de drenaje. (Km²)

L: Longitud axial de la cuenca. (Km)

Aplicando la ecuación 2 hallamos el factor de forma para la cuenca en estudio.

$$K_f = \frac{51.90}{13.28^2}$$

$$K_f = 0.2943$$

3.1.1.3. Sistema de drenaje

3.1.1.3.1. Densidad de drenaje (Dd)

“Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la hoya y su área total. Dd usualmente toma valores entre 0.5 km/km² para hoyas con drenaje pobre, hasta 3.5 km/km² para hoyas excepcionalmente bien drenadas” (Monsalve, 1999, p.39).

$$D_d = \frac{L}{A}, \text{ en } \frac{km}{km^2}$$

Ecuación 3

Fuente: (Monsalve, 1999)

Donde:

L: longitud de todas las corrientes de agua (Km)

A: Área de drenaje. (Km²)

Aplicando la ecuación 3 hallamos la densidad de drenaje de la cuenca en estudio.

$$D_d = \frac{22}{51.90}$$

$$D_d = 0.4239$$

3.1.1.3.2. Sinuosidad de las corrientes de agua

“Es la relación entre la longitud del río principal medida a lo largo de su cauce, L y la longitud del valle del río principal medida en línea curva o recta, Lt” (Monsalve, 1999, p.40).

$$S = \frac{L}{L_t}$$

Ecuación 4

Fuente: (Monsalve, 1999)

Aplicando la ecuación 4 hallamos la densidad de drenaje de la cuenca en estudio.

$$S = \frac{13.2}{12.10}$$

$$S = 1.0909$$

La cuenca hidrográfica El Tiglán-Michacalá de acuerdo a la sinuosidad de su río principal, se la define como una cuenca con un río de alineamiento recto.

3.1.1.3.3. Orden de las corrientes de agua

La cuenca hidrográfica El Tiglán-Michacalá es de orden 2 como se lo muestra en la figura 18. Según Monsalve (1999): “El orden de las corrientes de agua refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de una hoya”(p.38).

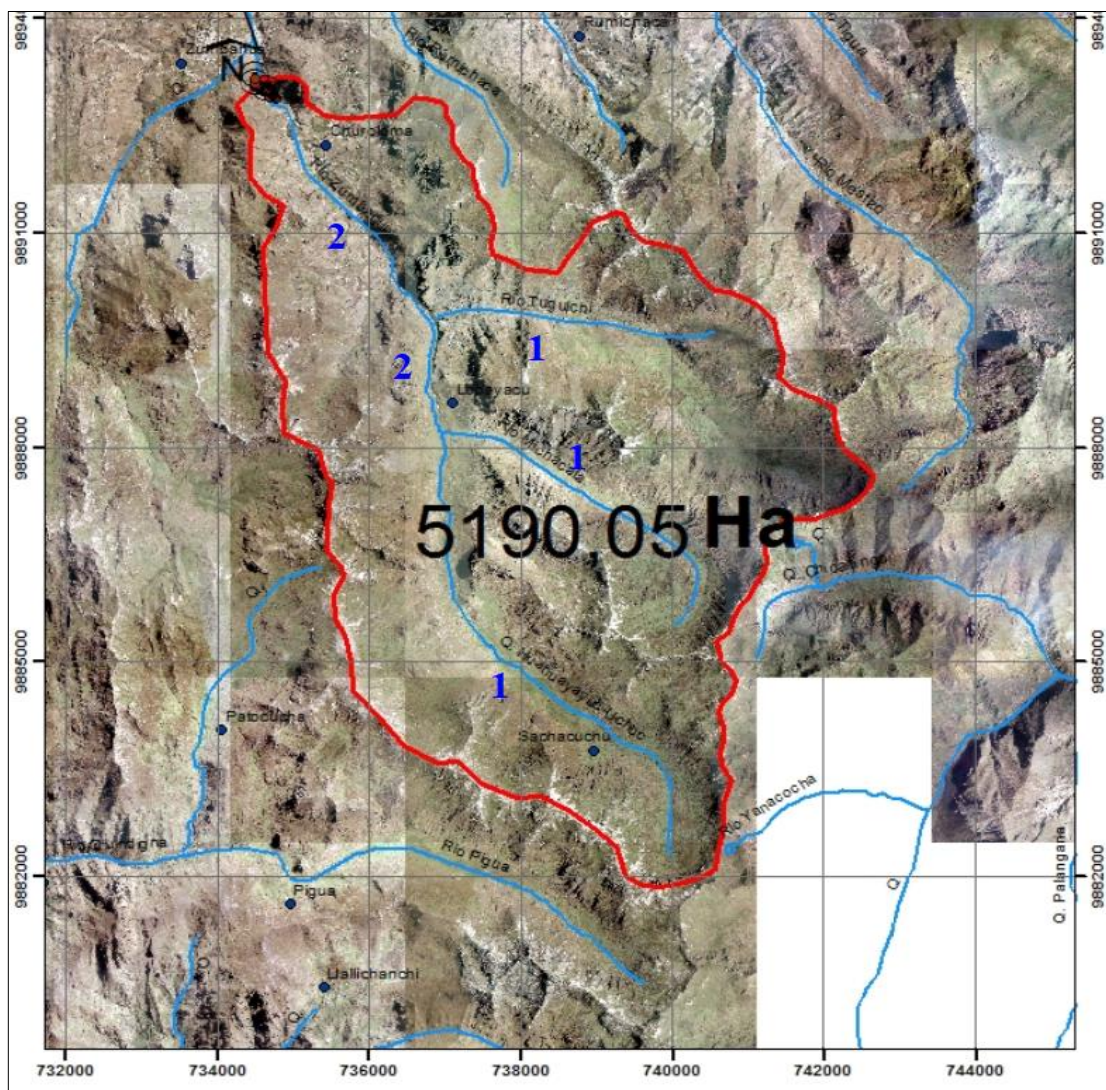


Figura 18: Orden de las corrientes de agua de la cuenca hidrográfica El Tigrán-Michacalá.

Fuente: Sánchez y Garcés, 2018. Modificado por: Luis Aguirre.

De acuerdo con la forma de la cuenca y a su sistema de drenaje, la cuenca hidrográfica Tigrán-Michacalá tiende a ser un poco alargada y no tiene peligro de crecientes.

3.1.1.4. Pendiente de la cuenca

La pendiente de una cuenca hidrográfica es una característica importante en el estudio hidrológico debido a que esta controla la velocidad de la escorrentía, por ende, también controla el tiempo necesario para que el agua de las lluvias se concentre en los ríos pertenecientes a la cuenca de estudio (Monsalve, 1999).

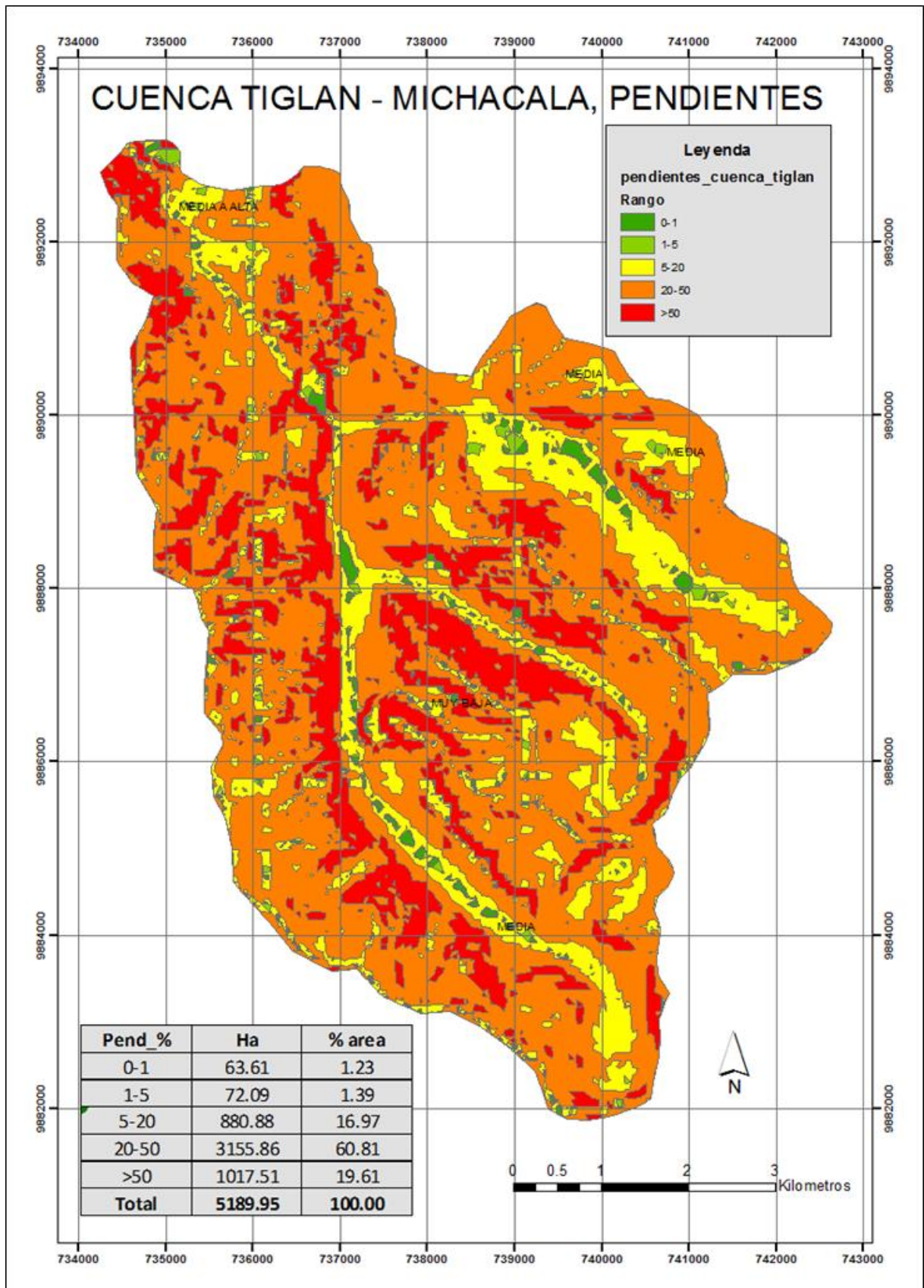


Figura 19: Pendientes de la cuenca hidrográfica Tiglán-Michacalá. Fuente: Sánchez y Garcés, 2018.

3.1.2. Características hidrológicas de la cuenca

3.1.2.1. Precipitación

La precipitación es un fenómeno meteorológico variable, debido a esto su estudio en una cuenca hidrográfica es fundamental. El análisis de las precipitaciones en una cuenca hidrográfica ayuda a predecir eventos máximos, los cuales pueden ocasionar inundaciones, para poder realizar esta predicción se necesita medir mediante estaciones hidrometeorológicas la cantidad, intensidad y duración de las precipitaciones que se presentan en la cuenca hidrográfica.

3.1.2.2. Permeabilidad

“La permeabilidad del suelo es la capacidad para permitir el paso de un fluido por sus poros o espacios vacíos sin que dicho tránsito altere la estructura del suelo” (“Permeabilidad de los suelos: concepto y determinación.”, 2013). De acuerdo con la FAO (s/f) para obras de ingeniería civil los suelos se clasifican, en suelos permeables, semipermeables e impermeables.

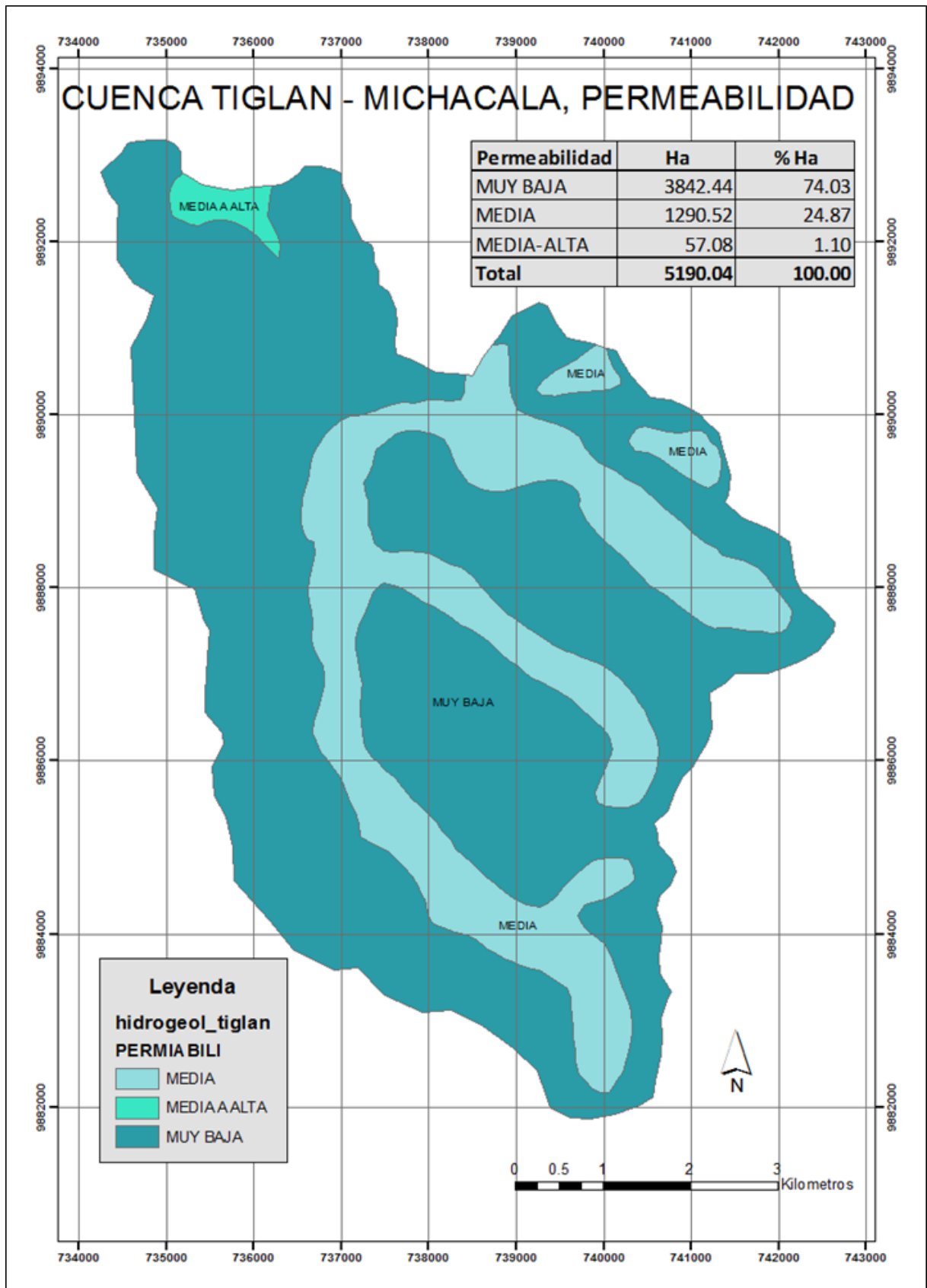


Figura 20: Permeabilidad de la cuenca hidrográfica Tiglán-Michacalá. Fuente: Sánchez y Garcés, 2018.

3.1.2.3. Escorrentía Superficial

“La escorrentía superficial consiste en la ocurrencia y el transporte de agua en la superficie terrestre, comprende el exceso de precipitación que ocurre después de una lluvia y se mueve libremente por la superficie del terreno”(Monsalve, 1999, p.177).

		Coeficientes de escorrentía				
Cobertura del Suelo	Tipo de Suelo	Pendiente (%)				
		Pronunciada > 50%	Alta 50 - 20 %	Media 20 - 8%	Suave 8 - 1 %	Despreciable < 1%
Sin Vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	5.00	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos y Vegetación Ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba y Grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosques y Vegetación Densa	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Tabla 3: Coeficientes de escorrentía. Fuente: Benítez, Arias y Quiroz, 1980. Modificado por: Luis Aguirre.

3.2.Descripción de la geología regional

3.2.1. Geología local

La geología, de las palabras griegas *geo* y *logos*, se define como el estudio de la tierra. Por lo general se divide en dos amplias áreas: geología física y geología histórica. La geología física es el estudio de los materiales de la tierra; estudia los minerales y las rocas, así como los procesos que operan dentro y sobre la

superficie de la tierra. La geología histórica trata del origen y la evolución de la tierra, sus continentes, océanos, atmósfera y la vida.(Wincader y Monroe, 2000, p.7)

En el análisis geológico de la cuenca hidrográfica Tiglán-Michacalá, se encuentran depósitos glaciares, sedimentos lacustres, lutita arenisca, conglomerado arenisca (Cayo-Rumi) y flujos de lava, toba, andesita, piroclásticos (Sánchez y Garcés, 2018).

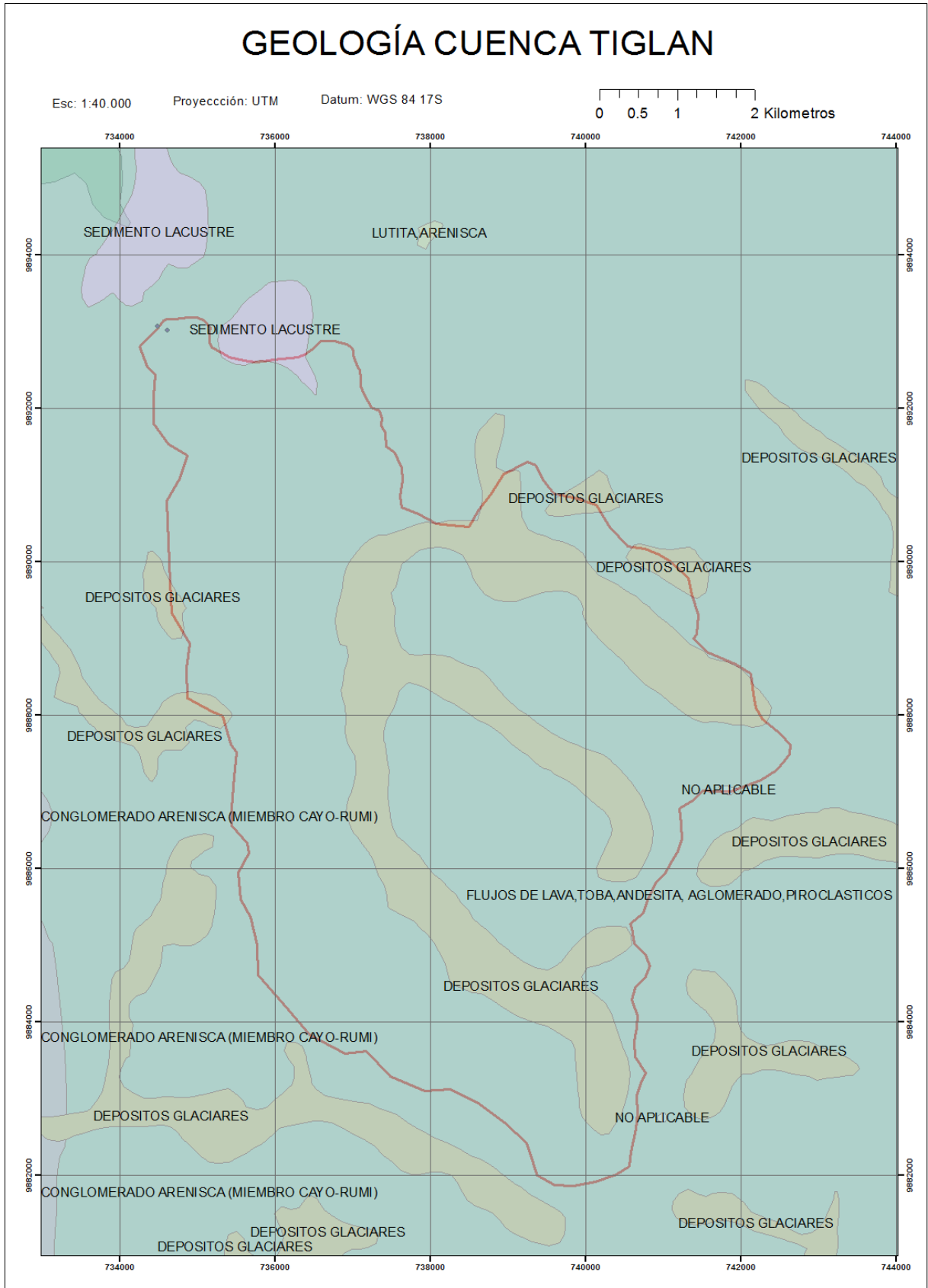


Figura 21: Geología de la cuenca hidrográfica Tiglán-Michacalá. Fuente: Sánchez y Garcés, 2018.

3.2.2. Geomorfología

Según Iriondo (2009) la geomorfología es: “La ciencia que estudia las formas de la Tierra y los procesos que influyen sobre ellas y las modifican” (p.251).

Debido a la presencia del volcán Laguna Quilotoa la parroquia de Zumbahua presente un diverso paisaje entre montañas, encañonamientos y valles, los cuales corresponde a 36 tipos de unidades geomorfológicas descritos en la tabla 4 (GAD parroquial de Zumbahua, 2015, p.15)

Unidades geomorfológicas		
Geoforma	Superficie (Ha)	Superficie (%)
Afloramientos rocosos	8	0.04
Afloramientos rocosos en el paisaje peri glaciar	457	2.19
Barra o cresta estructural	140	0.67
Barranco	775	3.72
Caldera	90	0.43
Circo glaciar	881	4.23
Coluvión aluvial antiguo	181	0.87
Coluvión antiguo	64	0.31
Coluvión reciente	13	0.06
Cono sin actividad volcánica y sin huellas glaciares	1136	5.45
Cubeta glaciar	25	0.12
Depósito glaciar modelado por acción fluvial	357	1.71
Depósito de deslizamiento, masa deslizada	76	0.36
Encañonamientos	444	2.13
Fondo de valle glaciar	763	3.66
Hondonadas pantanosas de origen glaciar	54	0.26
Interfluvio de cimas estrechas	880	4.22
Interfluvio de cimas redondeadas	192	0.92
Laguna en fondo de cráter o caldera	84	0.40
Rampas de piedemonte de cono volcánico	1110	5.33
Superficies de cono de deyección	22	0.11
Superficie inclinada	39	0.19
Valle en V	117	0.56

Valle glaciario colgado	178	0.85
Vertiente abrupta	66	0.32
Vertiente abrupta con fuerte disección	1405	6.74
Vertiente de valle glaciario	3501	16.80
Vertiente heterogénea	160	0.77
Vertiente rectilínea	2144	10.29
Vertiente rectilínea con fuerte disección	2356	11.31
Vertiente rectilínea con salientes recosadas	2899	13.91
Vertiente rocosa	163	0.78
Vestigios de edificios volcánicos	1	0.005
Escarpe de deslizamiento	42	0.20
Superficie horizontal	13	0.06
Total	20836	100

Tabla 4: Unidades geomorfológicas. Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Zumbahua, 2015. Modificado por: Luis Aguirre.

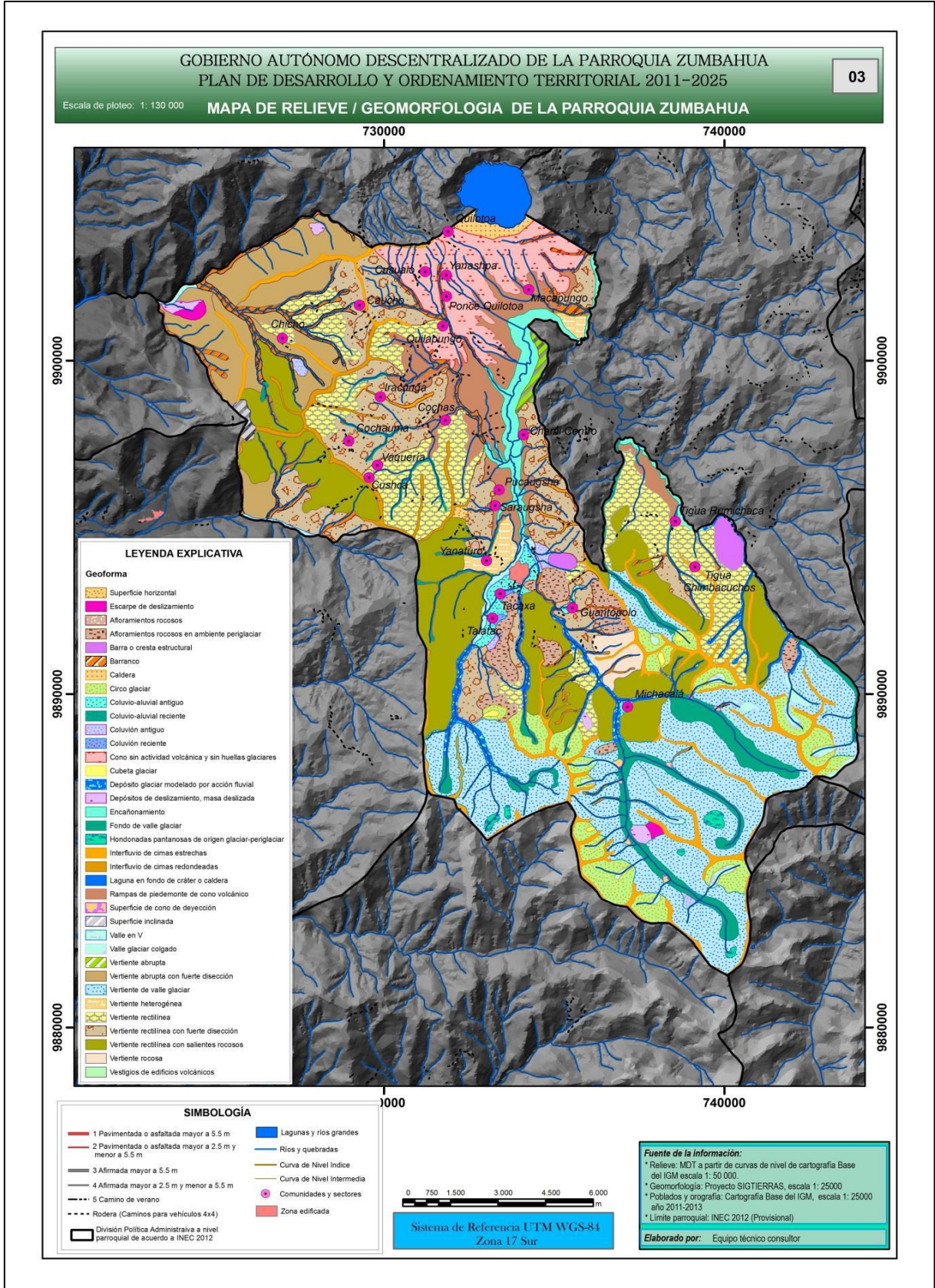


Figura 22: Mapa de relieve/geomorfológico de la parroquia de Zumbahua. Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Zumbahua, 2015.

3.2.3. Clasificación agrícola del suelo

Para la clasificación de suelo se tomó datos del proyecto “Análisis de las características morfológicas, físicas y químicas del suelo y determinación de limitantes para el desarrollo de los cultivos de la zona de Talatac, Zumbahua”, en este proyecto se especifica que se realizaron tres calicatas para la determinación de las características del suelo. Se toma los datos de la zona de Talatac debido a que se encuentra muy cerca de la zona de Pucausha en donde se encuentra el área de riego para el diseño de la estructura de captación.

Información de calicatas			
	Coordenadas UTM	Profundidad Suelo Orgánico	Profundidad Suelo Inorgánico
Calicata 1	E: 733425.687m (17S)	0.50m	1.70m
	N: 9892386.133m		
Calicata 2	E: 733390.884m (17S)	0.50m	0.80m y 1.80m
	N: 9892928.529m		
Calicata 3	E: 733185.821m (17S)	0.50m	1.20m y 1.50m
	N: 9891844.729m		

Tabla 5: Información de calicatas. Fuente: Sánchez, Oñate, Córdor, Zúñiga y Tamayo, 2019. Modificado por: Luis Aguirre.

3.2.3.1. Clasificación manual visual (ASTM D2488)

Clasificación manual visual de calicatas				
	Tipo de Suelo	Profundidad (m)		Clasificación
Calicata 1	Inorgánico	1.70	ML	Arena con arcilla de baja plasticidad
	Orgánico	0.50	OL	Suelo orgánico de baja plasticidad
Calicata 2	Inorgánico	0.80	SM	Arena con arcilla de baja plasticidad
		1.80	ML	Arena con limo de alta plasticidad
Calicata 3	Inorgánico	0.50	OL	Suelo orgánico de baja plasticidad
		1.20	ML	Arena con limo de baja plasticidad
Calicata 3	Inorgánico	1.50	ML	Arena con limo de baja plasticidad
		Orgánico	0.50	OH

Tabla 6: Clasificación manual visual de calicatas. Fuente: Sánchez, Oñate, Córdor, Zúñiga y Tamayo, 2019. Modificado por: Luis Aguirre.

3.2.4. Características de los suelos

Determinar las características de los suelos agrícolas es fundamental para saber si la zona es apta para la agricultura, se deben determinar las características físicas y químicas para saber cómo el suelo favorecerá en el desarrollo y crecimiento se los cultivos.

3.2.4.1. Características físicas

Pendientes			
Pendiente Simple	Porcentaje (%)	Pendiente Compleja	Porcentaje (%)
Plana	0-1	Casi plana	1-3
Ligeramente inclinada	1-2	Ligeramente ondulada	2-5
Suavemente inclinada	2-3	Suavemente ondulada	5-8
Moderadamente inclinada	4-8	Moderadamente ondulada	9-15
Fuertemente inclinada	9-15	Fuertemente ondulada	15-20
Moderadamente escarpada	15-25	De Lomajes	20-30
Escarpada	25-45	De cerros	30-50
Muy escarpada	45-65	De montañas	Más de 50

Tabla 7: Pendientes. Fuente: Sánchez, Oñate, Córdor, Zúñiga y Tamayo, 2019.

Clases texturales y texturas	
Clases Texturales	Texturas
<u>Suelos Arenosos:</u> Texturas gruesas	Arena (a), Areno francosa (aF)
<u>Suelos Francosos:</u> Texturas moderadamente gruesas, texturas medias	Franco arenosa (Fa), Franca (F), Franco limosa (FL), Franco arcillosa (FA), Franco arcillo arenosa (FAa), Franco arcillo limosa (FAL)
<u>Suelos Arcillosos:</u> Texturas finas	Arcillo arenosa (Aa), Arcillo limosa (AL), Arcillosa (A)

Tabla 8: Clases texturales y texturas. Fuente: Sánchez, Oñate, Córdor, Zúñiga y Tamayo, 2019.

Profundidad del suelo	
Tipo de profundidad	Profundidad Efectiva (cm)
Muy profundo	Mayor a 120
Profundo	70-120
Moderadamente profundo	40-70
Delgado	20-40
Muy delgado	0-20

Tabla 9: Profundidad del suelo. Fuente: Sánchez, Oñate, Córdor, Zúñiga y Tamayo, 2019.

Pedregosidad		
Clase	Abundancia (%)	Términos descriptivos
1	<15	No gravoso, no pedregoso
2	15 a <35	Gravoso, pedregoso
3	35 a <60	Muy gravoso o pedregoso
4	60 a <90	Extremadamente gravoso o pedregoso
5	>90	No suelo

Tabla 10: Pedregosidad. Fuente: Sánchez, Oñate, Córdor, Zúñiga y Tamayo, 2019.

Erosión	
Grados de erosión	Descripción
Ligera	Se ha perdido menos del 25% del suelo (horizonte A) o los primeros 20 cm del horizonte. Alrededor de un 20% del área afectada presenta un desgaste apreciable.
Moderada	Suelos que han perdido en promedio un 25 - 75% del horizonte A o superficial. Terrenos con pequeños sectores sin erosión, alternados con otros severamente erosionados.
Severa	Suelos que han perdido en promedio más del 75% del horizonte A o superficial. La densidad de surcos es alta y cada cierta distancia puede aparecer una cárcava de menos profundidad a profundidad moderada.
Muy Severa	Suelos que han perdido todo el horizonte A o superficial. El terreno presenta numerosos surcos y cárcavas, en general moderadas a profundas.

Tabla 11: Erosión. Fuente: Sánchez, Oñate, Córdor, Zúñiga y Tamayo, 2019.

Drenaje	
Clase de Drenaje Extremo	Características de los Terrenos
<p><u>Inundado:</u> El agua no escurre y debe moverse por infiltración o evaporación. Puede fluctuar en forma estacional o permanecer en forma permanente, salvo que sea drenada</p>	<p>Terrenos bajos, hundidos o deprimidos</p>
<p><u>Muy lento:</u> el agua superficial escurre tan lentamente que hay agua empozada en la superficie periódicamente, por largos períodos (meses o semanas)</p>	<p>Terrenos en valles o llanuras planas o de pendiente muy reducida ($< 0,5\%$), donde converge el agua desde sectores más altos</p>
<p><u>Lento:</u> el agua superficial escurre tan lentamente, que hay agua empozada sobre el suelo periódicamente por períodos moderados o cortos (semanas a días)</p>	<p>Terrenos planos sin pendiente natural para el desagüe o pendiente muy reducida ($< 0,5\%$)</p>
<p><u>Moderado:</u> el agua superficial escurre en forma tal, que no acumula agua libre en la superficie</p>	<p>Terrenos de pendiente suave a moderada ($0,5\% - 15\%$). La posibilidad de erosión puede ser ligera a moderada cuando se cultivan los suelos de esta clase.</p>
<p><u>Rápido:</u> El agua de precipitación se mueve rápidamente sobre la superficie del suelo. En general son terrenos de pendientes pronunciadas</p>	<p>Terrenos de pendiente pronunciada ($15\% - 58\%$). La posibilidad de erosión fluctúa de moderada a alta</p>
<p><u>Muy rápido:</u> la mayor parte del agua precipitada escurre rápidamente, dificultándose la infiltración.</p>	<p>Terrenos con pendientes muy pronunciadas ($> 58\%$). La posibilidad de erosión es muy alta</p>

Tabla 12: Drenaje. Fuente: Sánchez, Oñate, Córdor, Zúñiga y Tamayo, 2019.

3.2.4.2. *Características químicas*

Macroelementos: N, P, K				
N°	Descripción	P	K	N
247	Muestra 1 - Calicata 1	Alto	Alto	Medio
248	Muestra 2 - Calicata 2	Alto	Alto	Bajo
249	Muestra 3 - Calicata 3	Medio	Medio	Medio
250	Muestra 4 - Calicata 3	Bajo	Bajo	Bajo

Tabla 13: Macroelementos: N, P, K. Fuente: Sánchez, Oñate, Córdor, Zúñiga y Tamayo, 2019.

Microelementos: Ca, Mg, Fe, Al, Zn, B, Cu, SO₄										
N°	Descripción	Ca	Mg	Na	Fe	Al	Zn	B	Cu	SO₄
247	Muestra 1 - Calicata 1	Alto	Alto	-	Alto	-	Medio	-	Alto	-
248	Muestra 2 - Calicata 2	Alto	Alto	-	Alto	-	Medio	-	Alto	-
249	Muestra 3 - Calicata 3	Alto	Alto	-	Alto	-	Medio	-	Alto	-
250	Muestra 4 - Calicata 3	Medio	Alto	-	Alto	-	Bajo	-	Alto	-

Tabla 14: Microelementos: Ca, Mg, Fe, Al, Zn, B, Cu, SO₄. Fuente: Sánchez, Oñate, Córdor, Zúñiga y Tamayo, 2019.

Relaciones entre elementos: Ca / Mg, Mg / K, Ca+Mg / K • Contenido de materia orgánica						
N°	Descripción	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/ K	M. Orgánica	∑ de Bases
247	Muestra 1- Calicata 1	4.60	2.05	11.51	5.76%	16.01
248	Muestra 2 - Calicata 2	5.41	4.23	27.41	2.62%	18.29
249	Muestra 3 - Calicata 3	4.18	6.42	33.26	5.00%	13.02
250	Muestra 4 - Calicata 3	3.74	10.74	50.89	3.01%	9.86

Tabla 15: Relaciones entre elementos: Ca / Mg, Mg / K, Ca+Mg / K • Contenido de materia orgánica. Fuente: Sánchez, Oñate, Córdor, Zúñiga y Tamayo, 2019.

Ph		
N°	Descripción	pH
247	Muestra 1 - Calicata 1	Ligeramente ácido
248	Muestra 2 - Calicata 2	Ligeramente ácido
249	Muestra 3 - Calicata 3	Ligeramente ácido
250	Muestra 4 - Calicata 3	Ligeramente ácido

Tabla 16: Ph. Fuente: Sánchez, Oñate, Córdor, Zúñiga y Tamayo, 2019.

Conductividad eléctrica		
N°	Descripción	Conductividad eléctrica
247	Muestra 1 - Calicata 1	No Salino
248	Muestra 2 - Calicata 2	No Salino
249	Muestra 3 - Calicata 3	No Salino
250	Muestra 4 - Calicata 3	No Salino

Tabla 17: Conductividad eléctrica. Fuente: Sánchez, Oñate, Córdor, Zúñiga y Tamayo, 2019.

Capacidad de intercambio catiónico		
N°	Descripción	Capacidad de Intercambio catiónico
247	Muestra 1 - Calicata 1	13.20
248	Muestra 2 - Calicata 2	15.38
249	Muestra 3 - Calicata 3	14.03
250	Muestra 4 - Calicata 3	-

Tabla 18: Capacidad de intercambio catiónico. Fuente: Sánchez, Oñate, Córdor, Zúñiga y Tamayo, 2019.

De acuerdo con las características físicas y químicas se determina que el suelo es de una aptitud frutal clase D, lo que quiere decir que tiene severas limitaciones.

3.3.Descripción de características topográficas del sector

3.3.1. Estudio de alternativas de localización de la estructura de captación

El estudio de alternativas de la localización del proyecto se lo realiza para elegir el mejor lugar de implantación, la cual garantice la seguridad y estabilidad del proyecto, tenga una fácil accesibilidad para su mantenimiento y que le permita a la estructura cumplir con su objetivo.

Para la implantación de la estructura de captación se analizó tres opciones:

3.3.1.1. Opción A

La opción A está implantada en las coordenadas:

X:734637.1834m

Y: 9893010.3062m

Z: 3534m

La implantación se la puede observar en el anexo a.

3.3.1.2. Opción B

La opción B está implantada en las coordenadas:

X:734654.20m

Y: 9892987.30m

Z: 3536.50m

La implantación se la puede observar en el anexo b

3.3.1.3. Opción C

La opción C está implantada en las coordenadas:

X:734656.7193m

Y:9892970.9077m

Z:3536.20m

La implantación se la puede observar en el anexo c

3.3.2. Localización geográfica del proyecto integral

La ubicación del proyecto definitiva se elige entre las tres opciones antes mencionadas, de las cuales se tomó la opción C ya que permite asegurar la estabilidad de la estructura debido a que se la puede anclar correctamente, garantiza la seguridad de la estructura ya que en los taludes aledaños no existen material suelto.

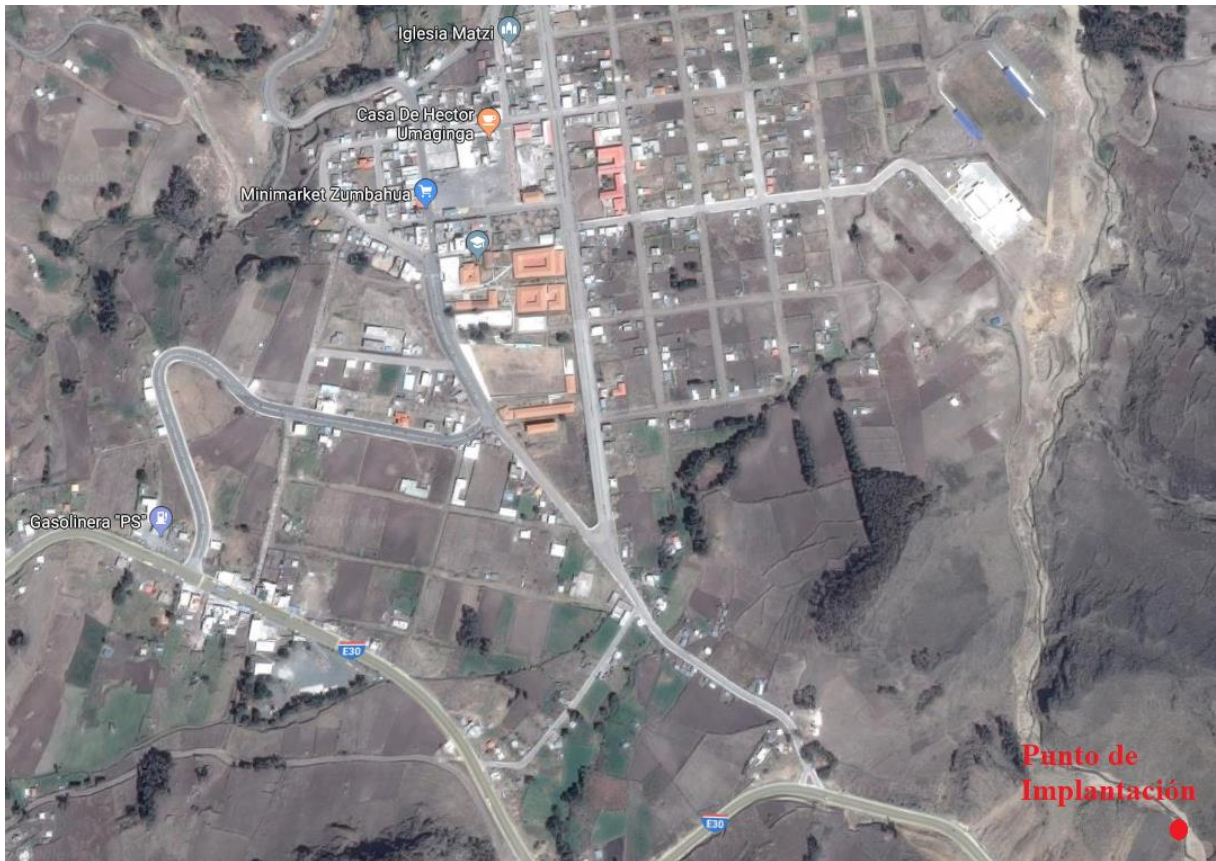


Figura 23: Implantación del proyecto. Fuente: Google Maps. Elaborado por: Luis Aguirre.

3.3.3. Localización de zonas de riego

El diseño de la estructura de captación se lo realiza para el riego de las zonas de La Granja, Sigsiriquiringi y Pucausha. las cuales se encuentran 5.1 Km del lugar de implantación del proyecto. Las zonas de riego comprenden 110 hectáreas para lo cual de acuerdo a Montaluisa (2017) el caudal necesario para riego es de 49.65 lts/s como se especifica en el anexo d.

3.4. Estudio de la demanda de agua para riego

En la parroquia de Zumbahua como se mencionó anteriormente sus principales actividades económicas son la agricultura y la ganadería, es debido a esto que se puede evidenciar que el uso del suelo para la agricultura es del 32.98% de toda la superficie de la parroquia.

Mediante la información recopilada de los proyectos de responsabilidad social previamente mencionados, se definirán los tipos de cultivos y necesidades de agua que

tienen los cultivos de la zona de Pucausha a la cual pertenece la Junta de Riego “El Tiglán”.

Gracias a la disponibilidad de datos e información de los proyectos anteriormente mencionados, se realizó una comparación entre la zona de Talatac y la zona de Pucausha, confirmándose la similitud que presentan estas zonas.

3.4.1. Tipos de cultivos

Según el GAD parroquial de Zumbahua (2015) en la parroquia de Zumbahua la principal producción agrícola son: mellocos, ocas, quinua, habas, fréjol, maíz, cebada, cebolla, chocho; los cuales son cultivos de ciclo corto.

Así mismo, Sánchez, Oñate, Córdor, Zúñiga y Tamayo (2019) confirman que: “El suelo de las zonas de riego es usado para la producción agrícola, en donde se cultiva: pasto, alfalfa , cebada, habas, papa, maíz y chochos”(p.3).

Con base a esta información se define que los principales cultivos son: cebada, cebolla, habas, melloco, papas y pasto.

3.4.2. Necesidades de agua de los cultivos

La necesidad de agua se analizó de acuerdo con los principales cultivos de la zona de Pucausha, para lo cual se tomó un ciclo de 8 días de riego por 6 horas diarias durante toda la etapa de crecimiento de los cultivos.

3.4.2.1. Cebada

Cosecha de cebada de enero a junio			
Fecha	Día	Etapa	Caudal (lts/s/ha)
08-ene	8	Inicial	0.13
16-ene	16	Inicial	0.25
24-ene	24	Inicial	0.12
01-feb	32	Inicial	0.36
09-feb	40	Inicial	0.17
17-feb	48	Desarrollo	0.06
25-feb	56	Desarrollo	0.16
05-mar	64	Desarrollo	0.15

13-mar	72	Desarrollo	0.05
21-mar	80	Desarrollo	0.24
29-mar	88	Desarrollo	0.14
06-abr	96	Desarrollo	0.17
14-abr	104	Medio	0.08
22-abr	112	Medio	0.23
30-abr	120	Medio	0.15
08-may	128	Medio	0.07
16-may	136	Medio	0.15
24-may	144	Final	0.05
01-jun	152	Final	0.15
09-jun	Fin	Final	

Tabla 19: Cosecha de cebada de enero a junio. Fuente: Sánchez y Rivadeneira, 2019.

Modificado por: Luis Aguirre.

Cosecha de cebada de julio a diciembre			
Fecha	Día	Etapa	Caudal (lts/s/ha)
08-jul	8	Inicial	0.06
16-jul	16	Inicial	0.18
24-jul	24	Inicial	0.18
01-ago	32	Inicial	0.21
09-ago	40	Inicial	0.17
17-ago	48	Desarrollo	0.14
25-ago	56	Desarrollo	0.22
02-sep	64	Desarrollo	0.31
10-sep	72	Desarrollo	0.23
18-sep	80	Desarrollo	0.13
26-sep	88	Desarrollo	0.24
04-oct	96	Desarrollo	0.24
12-oct	104	Medio	0.37
20-oct	112	Medio	0.26
28-oct	120	Medio	0.16
05-nov	128	Medio	0.32

13-nov	136	Medio	0.27
21-nov	144	Final	0.33
29-nov	152	Final	0.15
07-dic	Fin	Final	

Tabla 20: Cosecha de cebada de julio a diciembre. Fuente: Sánchez y Rivadeneira, 2019.

Modificado por: Luis Aguirre.

3.4.2.2. Cebolla

Cosecha de cebolla de enero a julio			
Fecha	Día	Etapas	Caudal (lts/s/ha)
08-ene	8	Inicial	0.05
16-ene	16	Inicial	0.1
24-ene	24	Desarrollo	0.06
01-feb	32	Desarrollo	0.2
09-feb	40	Desarrollo	0.12
17-feb	48	Desarrollo	0.05
25-feb	56	Medio	0.16
05-mar	64	Medio	0.15
13-mar	72	Medio	0.05
21-mar	80	Medio	0.23
29-mar	88	Medio	0.13
06-abr	96	Medio	0.16
14-abr	104	Medio	0.07
22-abr	112	Medio	0.21
30-abr	120	Medio	0.14
08-may	128	Medio	0.07
16-may	136	Medio	0.13
24-may	144	Medio	0.07
01-jun	152	Medio	0.19
09-jun	160	Medio	0.09
17-jun	168	Final	0.03
25-jun	176	Final	0.09
03-jul	184	Final	0.08

11-jul	192	Final	0.14
19-jul	200	Final	0.11
27-jul	208	Final	0.05
29-jul	Fin	Final	

Tabla 21: Cosecha de cebolla de enero a julio. Fuente: Sánchez y Rivadeneira, 2019.

Modificado por: Luis Aguirre.

Cosecha de cebolla de agosto a diciembre			
Fecha	Día	Etapa	Caudal (Its/s/ha)
08-ago	8	Inicial	0.03
16-ago	16	Inicial	0.06
24-ago	24	Desarrollo	0.04
01-sep	32	Desarrollo	0.14
09-sep	40	Desarrollo	0.09
17-sep	48	Desarrollo	0.04
25-sep	56	Medio	0.19
03-oct	64	Medio	0.15
11-oct	72	Medio	0.28
19-oct	80	Medio	0.18
27-oct	88	Medio	0.06
04-nov	96	Medio	0.27
12-nov	104	Medio	0.39
20-nov	112	Medio	0.31
28-nov	120	Medio	0.14
06-dic	128	Medio	0.27
14-dic	136	Medio	0.23
22-dic	144	Medio	0.41
30-dic	152	Medio	0.27

Tabla 22: Cosecha de cebolla de agosto a diciembre. Fuente: Sánchez y Rivadeneira, 2019.

Modificado por: Luis Aguirre.

3.4.2.3. *Habas*

Cosecha de habas de enero a mayo			
Fecha	Día	Etap	Caudal (Its/s/ha)
08-ene	8	Inicial	0.06
16-ene	16	Inicial	0.13
24-ene	24	Desarrollo	0.08
01-feb	32	Desarrollo	0.24
09-feb	40	Desarrollo	0.15
17-feb	48	Desarrollo	0.06
25-feb	56	Medio	0.18
05-mar	64	Medio	0.16
13-mar	72	Medio	0.05
21-mar	80	Medio	0.25
29-mar	88	Final	0.14
06-abr	96	Final	0.17
10-abr	Fin	Final	

Tabla 23:Cosecha de habas de enero a mayo. Fuente: Sánchez y Rivadeneira, 2019.

Modificado por: Luis Aguirre.

Cosecha de habas de mayo a agosto			
Fecha	Día	Etap	Caudal (Its/s/ha)
08-may	8	Inicial	0.03
16-may	16	Inicial	0.06
24-may	24	Desarrollo	0.04
01-jun	32	Desarrollo	0.12
09-jun	40	Desarrollo	0.08
17-jun	48	Desarrollo	0.03
25-jun	56	Medio	0.11
03-jul	64	Medio	0.12
11-jul	72	Medio	0.18
19-jul	80	Medio	0.18

27-jul	88	Final	0.14
04-ago	96	Final	0.23
08-ago	Fin	Final	

Tabla 24: Cosecha de habas de mayo a agosto. Fuente: Sánchez y Rivadeneira, 2019.

Modificado por: Luis Aguirre.

Cosecha de habas de septiembre a diciembre			
Fecha	Día	Etapas	Caudal (lts/s/ha)
08-sep	8	Inicial	0.04
16-sep	16	Inicial	0.09
24-sep	24	Desarrollo	0.06
02-oct	32	Desarrollo	0.21
10-oct	40	Desarrollo	0.18
18-oct	48	Desarrollo	0.12
26-oct	56	Medio	0.27
03-nov	64	Medio	0.32
11-nov	72	Medio	0.35
19-nov	80	Medio	0.29
27-nov	88	Final	0.1
05-dic	96	Final	0.29
09-dic	Fin	Final	

Tabla 25: Cosecha de habas de septiembre a diciembre. Fuente: Sánchez y Rivadeneira, 2019. Modificado por: Luis Aguirre.

3.4.2.4. *Mellico*

Cosecha de mellico de enero a junio			
Fecha	Día	Etapas	Caudal (lts/s/ha)
08-ene	8	Inicial	0.19
16-ene	16	Inicial	0.38
24-ene	24	Inicial	0.18
01-feb	32	Desarrollo	0.54
09-feb	40	Desarrollo	0.25
17-feb	48	Desarrollo	0.07

25-feb	56	Desarrollo	0.2
05-mar	64	Desarrollo	0.17
13-mar	72	Medio	0.05
21-mar	80	Medio	0.25
29-mar	88	Medio	0.14
06-abr	96	Medio	0.17
14-abr	104	Medio	0.08
22-abr	112	Medio	0.23
30-abr	120	Medio	0.15
08-may	128	Final	0.07
16-may	136	Final	0.14
24-may	144	Final	0.07
01-jun	152	Final	0.2
09-jun	160	Final	0.1
17-jun	168	Final	0.03
19-jun	Fin	Final	

Tabla 26: Cosecha de melloco de enero a junio. Fuente: Sánchez y Rivadeneira, 2019.

Modificado por: Luis Aguirre.

Cosecha de melloco de julio a diciembre			
Fecha	Día	Etapa	Caudal (Its/s/ha)
08-jul	8	Inicial	0.16
16-jul	16	Inicial	0.31
24-jul	24	Inicial	0.32
01-ago	32	Desarrollo	0.33
09-ago	40	Desarrollo	0.28
17-ago	48	Desarrollo	0.25
25-ago	56	Desarrollo	0.31
02-sep	64	Desarrollo	0.37
10-sep	72	Medio	0.27
18-sep	80	Medio	0.15
26-sep	88	Medio	0.26
04-oct	96	Medio	0.25

12-oct	104	Medio	0.37
20-oct	112	Medio	0.26
28-oct	120	Medio	0.16
05-nov	128	Final	0.32
13-nov	136	Final	0.27
21-nov	144	Final	0.35
29-nov	152	Final	0.23
07-dic	160	Final	0.07
15-dic	168	Final	0.24
17-dic	Fin	Final	

Tabla 27: Cosecha de melloco de julio a diciembre. Fuente: Sánchez y Rivadeneira, 2019.

Modificado por: Luis Aguirre.

3.4.2.5. Papa

Cosecha de papa de enero a junio			
Fecha	Día	Etap	Caudal (Its/s/ha)
08-ene	8	Inicial	0.08
16-ene	16	Inicial	0.15
24-ene	24	Inicial	0.07
01-feb	32	Inicial	0.22
09-feb	40	Inicial	0.1
17-feb	48	Desarrollo	0.03
25-feb	56	Desarrollo	0.12
05-mar	64	Desarrollo	0.14
13-mar	72	Desarrollo	0.05
21-mar	80	Medio	0.25
29-mar	88	Medio	0.14
06-abr	96	Medio	0.17
14-abr	104	Medio	0.08
22-abr	112	Medio	0.23
30-abr	120	Medio	0.15
08-may	128	Medio	0.07
16-may	136	Medio	0.15

24-may	144	Medio	0.07
01-jun	152	Final	0.2
09-jun	160	Final	0.08
14-jun	Fin	Final	

Tabla 28: Cosecha de papa de enero a junio. Fuente: Sánchez y Rivadeneira, 2019.

Modificado por: Luis Aguirre.

Cosecha de papa de julio a diciembre			
Fecha	Día	Etapa	Caudal (Its/s/ha)
08-jul	8	Inicial	0.04
16-jul	16	Inicial	0.08
24-jul	24	Inicial	0.07
01-ago	32	Inicial	0.13
09-ago	40	Inicial	0.07
17-ago	48	Desarrollo	0.03
25-ago	56	Desarrollo	0.13
02-sep	64	Desarrollo	0.26
10-sep	72	Desarrollo	0.21
18-sep	80	Medio	0.15
26-sep	88	Medio	0.26
04-oct	96	Medio	0.25
12-oct	104	Medio	0.37
20-oct	112	Medio	0.26
28-oct	120	Medio	0.16
05-nov	128	Medio	0.32
13-nov	136	Medio	0.28
21-nov	144	Medio	0.36
29-nov	152	Final	0.22
07-dic	160	Final	0.06
12-dic	Fin	Final	

Tabla 29: Cosecha de papa de julio a diciembre. Fuente: Sánchez y Rivadeneira, 2019.

Modificado por: Luis Aguirre.

3.4.2.6. *Pasto*

Cosecha de pasto de enero a marzo			
Fecha	Día	Etapas	Caudal (lts/s/ha)
08-ene	8	Inicial	0.05
16-ene	16	Inicial	0.1
24-ene	24	Desarrollo	0.07
01-feb	32	Desarrollo	0.21
09-feb	40	Desarrollo	0.14
17-feb	48	Desarrollo	0.06
25-feb	56	Medio	0.18
05-mar	64	Medio	0.16
13-mar	72	Medio	0.05
21-mar	80	Medio	0.23
29-mar	88	Final	0.09
31-mar	Fin	Final	

Tabla 30: Cosecha de pasto de enero a marzo. Fuente: Sánchez y Rivadeneira, 2019.

Modificado por: Luis Aguirre.

Cosecha de pasto de abril a junio			
Fecha	Día	Etapas	Caudal (lts/s/ha)
08-abr	8	Inicial	0.03
16-abr	16	Inicial	0.05
24-abr	24	Desarrollo	0.04
02-may	32	Desarrollo	0.12
10-may	40	Desarrollo	0.1
18-may	48	Desarrollo	0.07
26-may	56	Medio	0.14
03-jun	64	Medio	0.03
11-jun	72	Medio	0.17
19-jun	80	Medio	0.1
27-jun	88	Final	0.02
29-jun	Fin	Final	

Tabla 31: Cosecha de pasto de abril a junio. Fuente: Sánchez y Rivadeneira, 2019.

Modificado por: Luis Aguirre.

Cosecha de pasto de julio a septiembre			
Fecha	Día	Etapas	Caudal (lts/s/ha)
08-jul	8	Inicial	0.03
16-jul	16	Inicial	0.05
24-jul	24	Desarrollo	0.04
01-ago	32	Desarrollo	0.13
09-ago	40	Desarrollo	0.12
17-ago	48	Desarrollo	0.14
25-ago	56	Medio	0.25
02-sep	64	Medio	0.34
10-sep	72	Medio	0.26
18-sep	80	Medio	0.14
26-sep	88	Final	0.13
28-sep	Fin	Final	

Tabla 32: Cosecha de pasto de julio a septiembre. Fuente: Sánchez y Rivadeneira, 2019.

Modificado por: Luis Aguirre.

Cosecha de pasto de octubre a diciembre			
Fecha	Día	Etapa	Caudal (lts/s/ha)
08-oct	8	Inicial	0.04
16-oct	16	Inicial	0.09
24-oct	24	Desarrollo	0.06
01-nov	32	Desarrollo	0.21
09-nov	40	Desarrollo	0.15
17-nov	48	Desarrollo	0.12
25-nov	56	Medio	0.31
03-dic	64	Medio	0.23
11-dic	72	Medio	0.37
19-dic	80	Medio	0.22
27-dic	88	Final	0.04
29-dic	Fin	Final	

Tabla 33: Cosecha de pasto de octubre a diciembre. Fuente: Sánchez y Rivadeneira, 2019.

Modificado por: Luis Aguirre.

Mediante la información del caudal de riego previamente mostrada, se procede a tomar los caudales más significativos para determinar el caudal máximo necesario para el riego de los diferentes cultivos de la zona.

Máximos caudales necesarios para riego	
Cultivo	Caudal (lts/s/ha)
Cebada	0.37
Cebolla	0.41
Habas	0.35
Mellico	0.54
Papa	0.37
Pasto	0.37
Total	2.41

Tabla 34: Máximos caudales necesarios para riego. Fuente: Sánchez & Rivadeneira, 2019.

Elaborado por: Luis Aguirre.

CAPÍTULO IV - DISEÑO HIDRÁULICO DE OBRAS DE CAPTACIÓN SUPERFICIAL

4.1. Cálculo del caudal de diseño

El caudal de diseño será el caudal con un tiempo de retorno de 50 años, para el cálculo de este caudal se utilizará el método racional.

$$Q = C * i * A$$

Ecuación 5

Fuente:(Monsalve, 1999)

Donde:

- Q:** Caudal máximo. (m³/s)
- C:** Coeficiente de escurrimiento
- i:** Intensidad de la precipitación de acuerdo al tiempo de retorno. (m/s)
- A:** Área de la cuenca hidrográfica. (m²)

Para el cálculo del coeficiente de escorrentía se utilizará la tabla 3 , el cual depende de las pendientes, la permeabilidad y la cobertura del suelo.

Cálculo del coeficiente de escorrentía (C)			
Área	12.91	38.42	0.57
Pendiente 1	5-20%	20-50%	5-20%
% Pendiente1	60	80	40
Pendiente 2	20-50%	>50%	20-50%
% Pendiente2	40	20	60
Permeabilidad	Semipermeable	Impermeable	Permeable
Coeficiente 1	0.45	0.60	0.25
Coeficiente 2	0.50	0.65	0.30
Coeficiente Promedio	0.48	0.63	0.28
Coeficiente Escorrentía total	0.46		

Tabla 35: Cálculo del coeficiente de escorrentía (C). Fuente: Sánchez y Garcés, 2018.

Modificado por: Luis Aguirre.

Una vez encontrado el coeficiente de escorrentía, se procede a identificar la intensidad de precipitación mediante el uso de las isoyetas de Ecuador para un tiempo de retorno de 50 años.

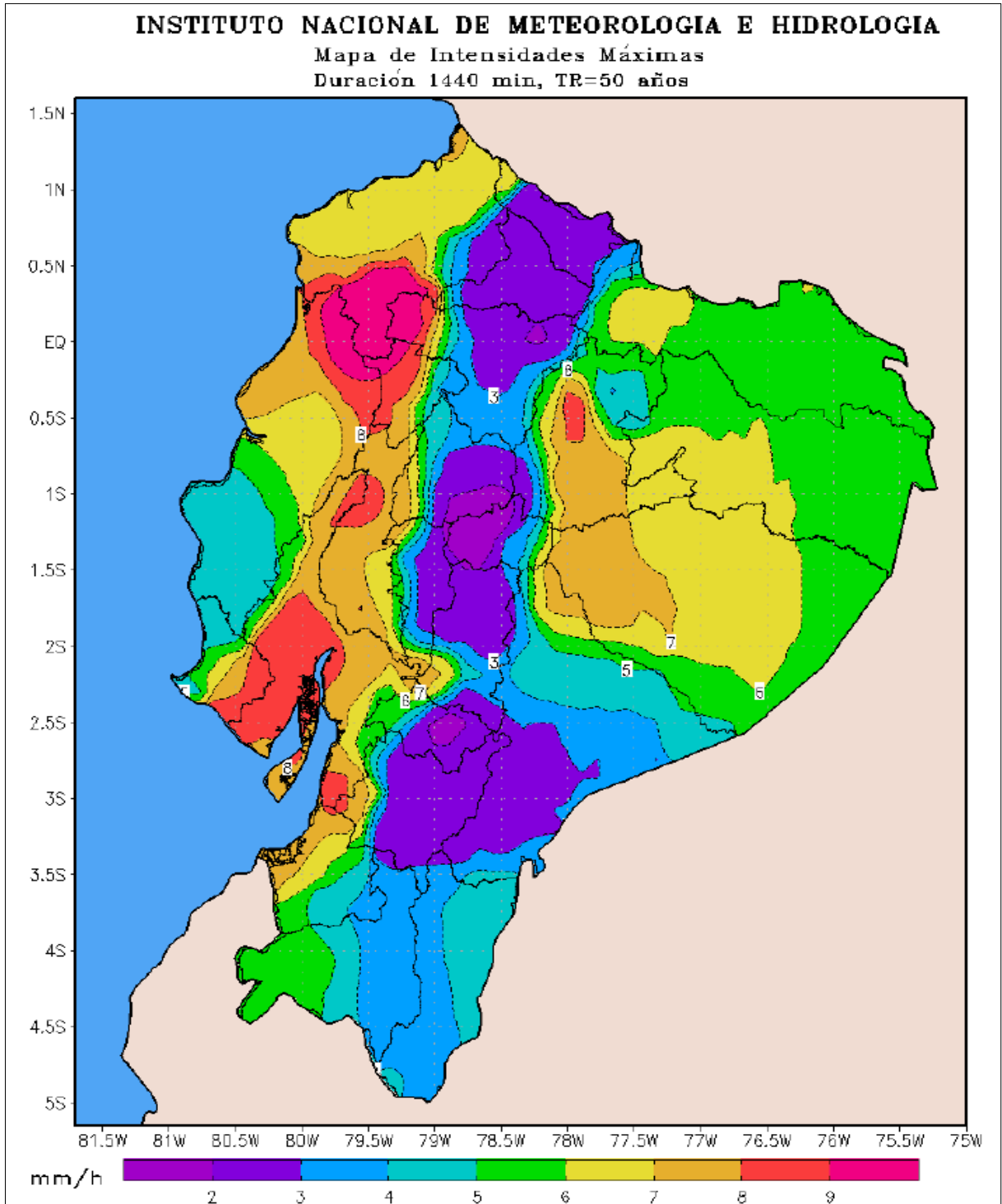


Figura 24: Mapa de intensidades máximas durante 24h y TR=50 años. Fuente: Guachamín, García, Arteaga y Cadena, 2015.

De acuerdo con la ubicación del proyecto la intensidad de precipitación de la cuenca hidrográfica Tiglán-Michacalá es de:

$$i = 3 \text{ mm/h}$$

Una vez encontrado las incógnitas faltantes aplicamos la ecuación 5 teniendo en cuenta las unidades.

$$A = 51.9 \text{ Km}^2 * \frac{(1000 \text{ m})^2}{1 \text{ Km}^2} = 51900000 \text{ m}^2$$

$$i = 3 \frac{\text{mm}}{24\text{h}} = 0.125 \frac{\text{mm}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} * \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = 3.472 \times 10^{-8} \text{ m/s}$$

$$C = 0.57155$$

$$Q = 0.57155 * 3.472 \times 10^{-8} * 51900000$$

$$Q = 1.03 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.2. Altura del paramento

La altura del azud tipo cimacio se determina mediante la suma de la altura del umbral, la altura de la rejilla de captación y el borde libre. Krochin (1978) aconseja que la altura del umbral no debes ser menor a 0.60-0.80 m, la altura de la rejilla se debe imponer según el criterio del diseñador y el borde libre debe ser una altura muy pequeña.

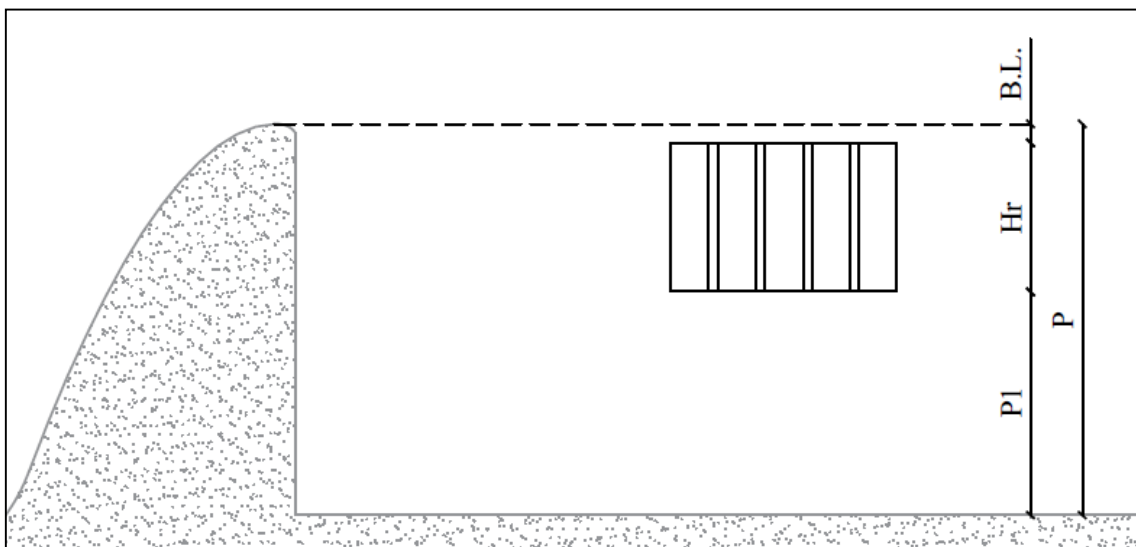


Figura 25: Determinación de la altura del paramento. Fuente: Miranda & Tejada, 2014.

Modificado por: Luis Aguirre

$$P = P1 + Hr + B.L$$

Ecuación 6

Fuente:(Krochin, 1978)

Donde:

P: Altura del paramento (m)

P1: Altura del umbral (m)

Hr: Altura de la rejilla (m)

B.L.: Borde libre (m)

Para la determinación de la altura del paramento de este diseño se tomará los siguientes datos:

P1= 0.60m

Hr= 0.40m

B.L.= 0.05m

Mediante los cuales obtenemos una altura de paramento de:

$$P= 1.05m$$

4.3. Perfil del azud tipo cimacio

El perfil del azud tipo cimacio se diseñó mediante la metodología recomendada por el Bureau of Reclamation, la cual especifica que el perfil del azul es calculado desde el punto más alto de la cresta, para esto se calculó previamente la altura del paramento. Bureau of Reclamation (1967) menciona que el perfil del azud está formado por una curva la cual consta de dos porciones, la primera porción es una curva simple y una tangente, y está ubicada aguas arriba del origen, mientras que la segunda porción está definida por la ecuación 7, y está ubicada aguas abajo del origen.

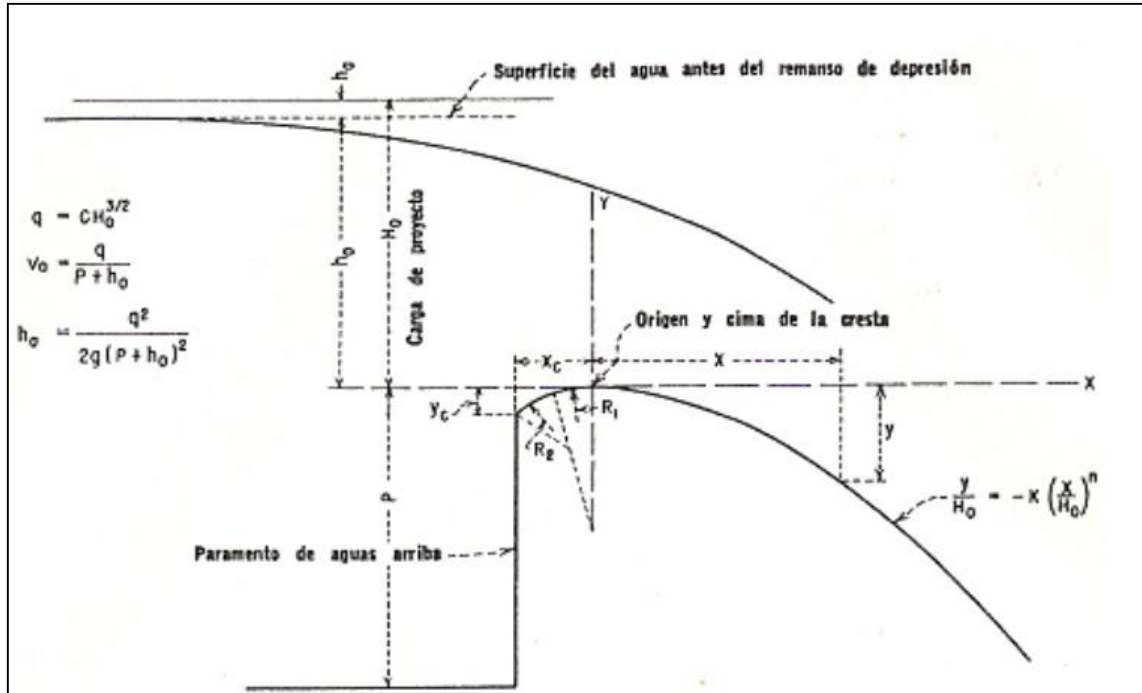


Figura 26: Elementos de las secciones de las crestas con la forma de la lámina vertical.

Fuente: United States. Bureau of Reclamation, 1967.

$$\frac{y}{H_o} = -K * \left(\frac{x}{H_o} \right)^n$$

Ecuación 7

Fuente: (United States. Bureau of Reclamation, 1967)

Donde:

Ho: Carga de agua sobre la cresta. (m)

K, n: Constantes que depende de la inclinación y la velocidad.

En la figura 26 se especifica que la carga de agua sobre la cresta H_o está compuesta de una altura h_o y h_a , las cuales corresponde a la altura de agua y la carga debido a la velocidad de llegada respectivamente.

$$Q = C * L * h_o^{3/2}$$

Ecuación 8

Fuente:(United States. Bureau of Reclamation, 1967)

Donde:

Q: Caudal de descarga. (m³/s)

C: Coeficiente de descarga. Valores entre 1.8-2.

L: Longitud del azud. (m)

Empleando la ecuación 8 se determinará “ho” con los siguientes datos:

Q= 1.03 m³/s

C= 2

L= 6 m.

Con los cuales se calculó una altura de agua de:

$$\mathbf{ho= 0.195m}$$

Una vez obtenido la altura de agua “ho” se puede calcular la carga debido a la velocidad de llegada “ha”.

$$ha = \frac{q^2}{2 * g * (P + ho)^2}$$

Ecuación 9

Fuente:(United States. Bureau of Reclamation, 1967)

Donde:

q: Relación entre el caudal y la longitud del azud. (m²/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s²)

Realizando los cálculos obtenemos que:

$$\mathbf{ha= 0.0009m.}$$

Mediante los cálculos realizados se observa que la carga debido a la velocidad de llegada ha se puede despreciar y la carga de agua sobre la cresta solo se trabajará con el valor de “ho”.

$$\mathbf{Ho=ho}$$

A continuación, se procede a calcular los coeficientes K y n, estos coeficientes se determinan mediante la figura 27 teniendo en cuenta la inclinación del paramento, en este caso el paramento es vertical , y de la relación h_a/H_o .

$$\frac{h_a}{H_o} = 0.005$$

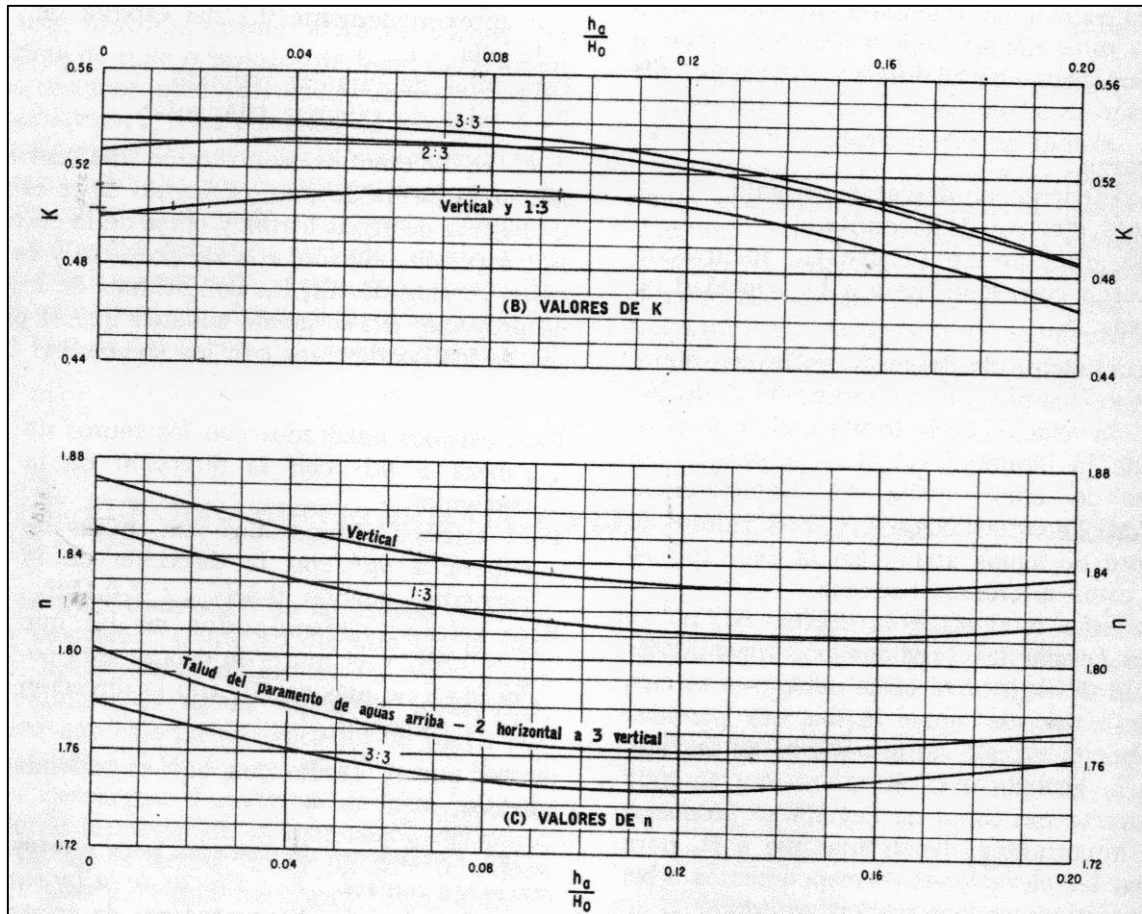


Figura 27: Factores para la determinación de las secciones con la forma de la lámina vertedora (coeficiente K y n). Fuente: United States. Bureau of Reclamation, 1967.

$$K = 0.50$$

$$n = 1.87$$

Aplicando la ecuación 7 y utilizando los datos obtenidos previamente e imponiéndonos valores de X, se encuentran las coordenadas de la segunda porción de la curva que define el perfil del azud. Esta porción se encuentra aguas abajo desde el origen de la cresta.

Resultados ecuación 7	
X	Y
0.00	0.00
0.05	-0.01
0.10	-0.03
0.15	-0.06
0.20	-0.10
0.25	-0.16
0.30	-0.22
0.35	-0.29
0.40	-0.37
0.45	-0.47
0.50	-0.57
0.55	-0.68
0.60	-0.80
0.65	-0.93
0.70	-1.06
0.75	-1.21
0.80	-1.37

Tabla 36: Resultados ecuación 7. Elaborado por: Luis Aguirre.

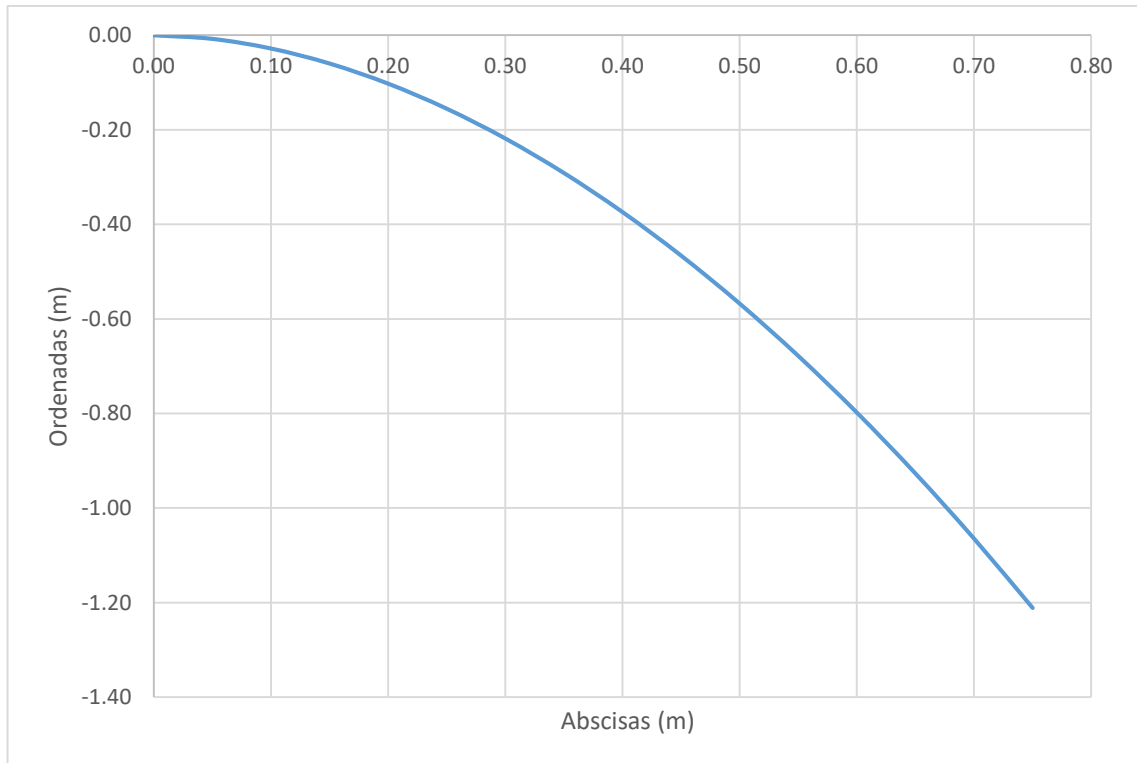


Figura 28: Perfil azud aguas abajo del origen de la cresta. Elaborado por: Luis Aguirre.

Una vez determinado el perfil aguas abajo del azud se comienza con la determinación de la primera porción de la curva que define el perfil del azud, la primera porción está formada por dos cuerdas cuyos radios se los define mediante el uso de la figura 29. Esta porción se encuentra aguas arriba del origen de la cresta. La primera porción de la curva inicia en las coordenadas (X_c, Y_c) las misma que se determinan al igual que los radios de las cuerdas.

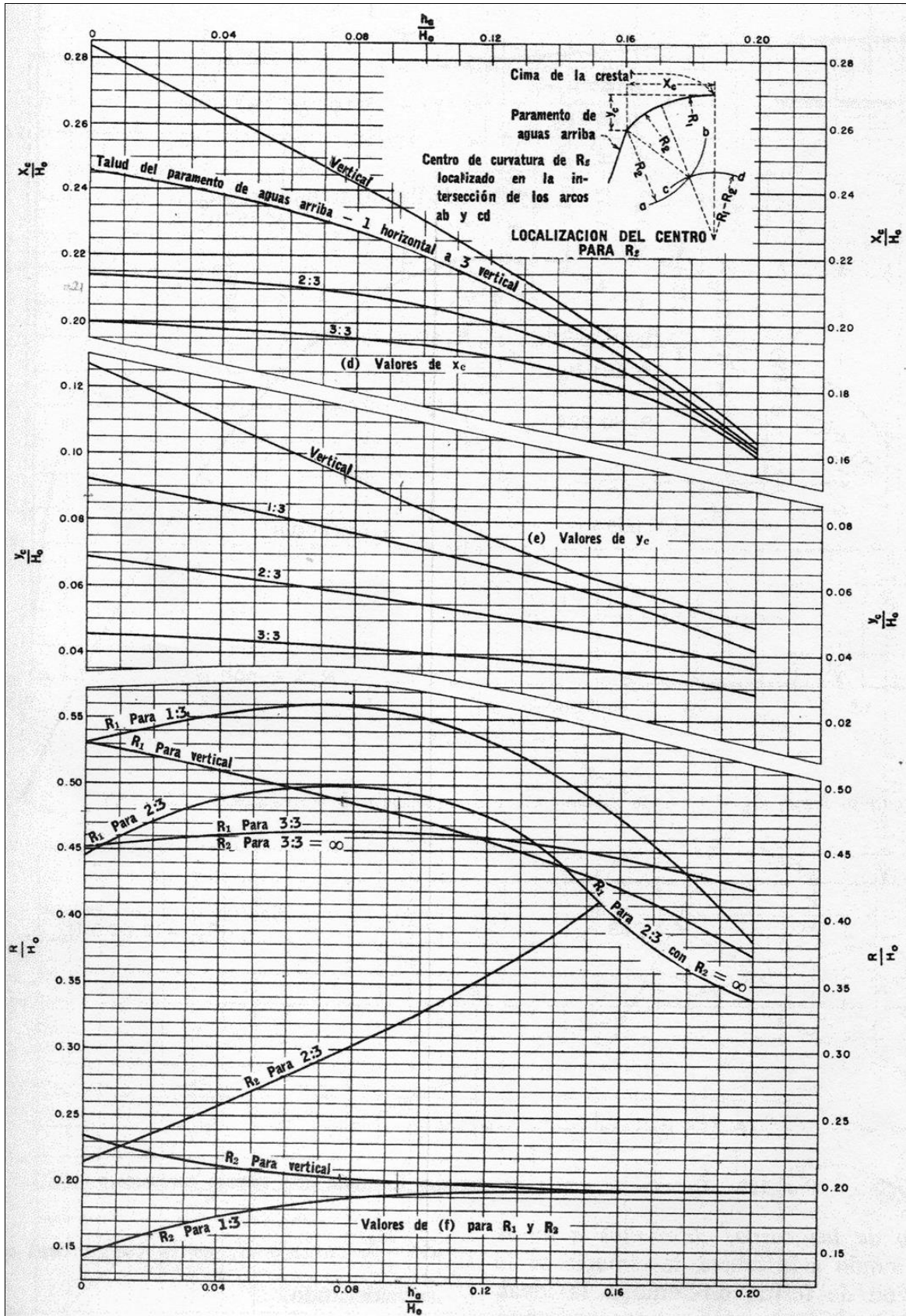


Figura 29: Factores para la determinación de las secciones con la forma de la lámina vertedora (X_c , Y_c , R_1 , R_2). Fuente: United States. Bureau of Reclamation, 1967.

Resultados de la figura 29	
$X_c/H_0=$	0.281
$Y_c/H_0=$	0.125
$R_1/H_0=$	0.53
$R_2/H_0=$	0.23

Tabla 37: Resultados de la figura 29. Elaborado por: Luis Aguirre.

Obtenidos los resultados de la figura 29 en un relación con H_0 se procede a calcular los valores necesarios para poder definir el perfil del azud como lo muestra la figura 30.

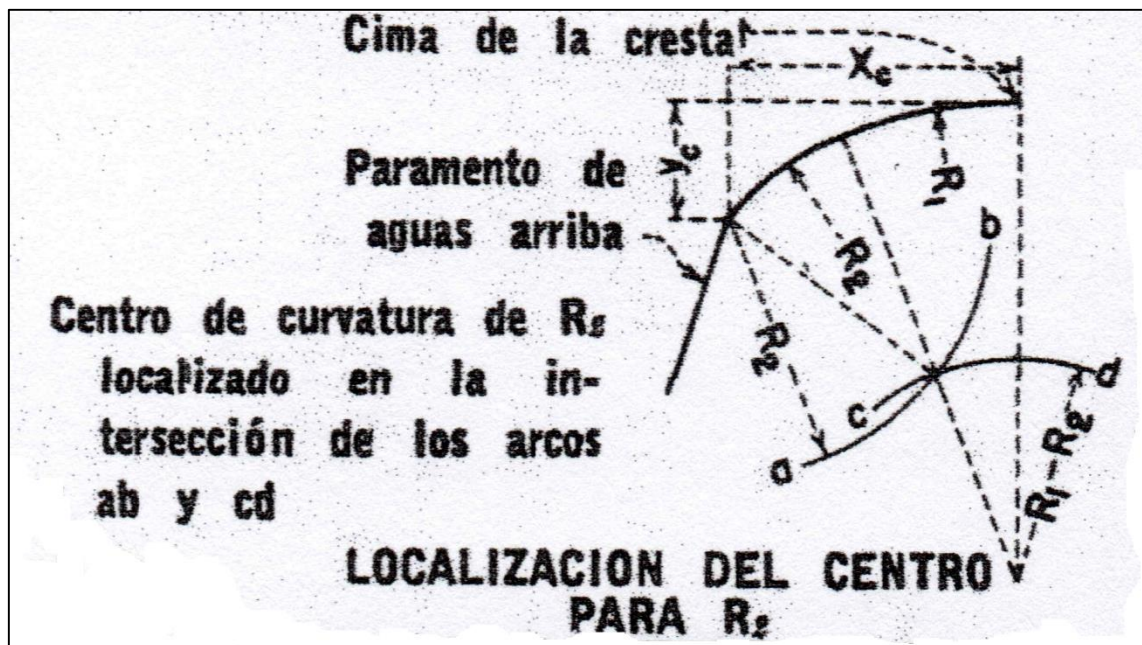


Figura 30: Localización del centro para el R_2 . Fuente: United States. Bureau of Reclamation, 1967.

Resultados de X_c, Y_c, R_1 Y R_2	
$X_c=$	0.055
$Y_c=$	0.024
$R_1=$	0.103
$R_2=$	0.045
$R_1-R_2=$	0.058

Tabla 38: Resultados de X_c, Y_c, R_1 Y R_2 . Elaborado por: Luis Aguirre.

Definidas las secciones que forman la curva del azud se procede a graficar el perfil del mismo teniendo en cuenta que el origen es en la cresta del azud, es decir, el punto más alto.

Coordenadas del perfil completo del azud	
X	Y
-0.05475	-1.05000
-0.05475	-0.02435
-0.02700	-0.00400
0.00000	0.00000
0.05000	-0.00766
0.10000	-0.02799
0.15000	-0.05974
0.20000	-0.10230
0.25000	-0.15528
0.30000	-0.21837
0.35000	-0.29132
0.40000	-0.37396
0.45000	-0.46610
0.50000	-0.56760
0.55000	-0.67834
0.60000	-0.79820
0.65000	-0.92708
0.70000	-1.06488
0.75000	-1.21153
0.80000	-1.36693

Tabla 39: Coordenadas del perfil completo del azud. Elaborado por: Luis Aguirre.

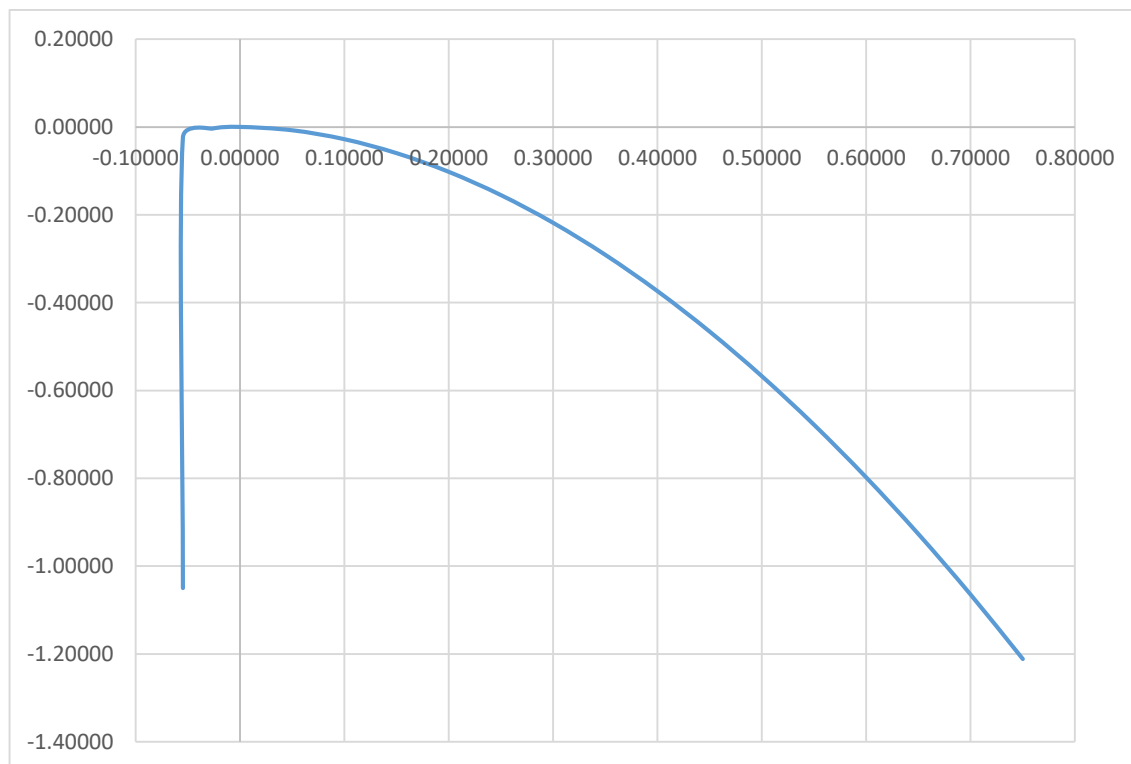


Figura 31: Perfil del azud completo. Elaborado por: Luis Aguirre.

4.4. Rejilla de Entrada

La rejilla de entrada o rejilla de captación es la estructura mediante la cual se capta el caudal necesario para el proyecto, esta impide el paso de los sólidos de mayor tamaño a la separación que tienen sus barrotes.

En el diseño de la rejilla se toman en cuenta los siguientes datos:

- **Hr:** altura de la rejilla impuesta por el diseñador. (m)
- **k:** coeficiente de contracción de los barrotes que varía de 0.70-0.95. Krochin (1978) sugiere que el coeficiente de contracción de los barrotes sea 0.85.
- **P1:** altura del muro desde el fondo del río hasta la rejilla. Según Krochin (1978) la altura no debe ser menor de 0.60 - 0.80m. (m)
- **P2:** altura del muro desde el fondo del desripador hasta la rejilla. (m)
- **Qc:** caudal que se desea captar según las necesidades del proyecto. (m³/s)
- **s:** espaciamiento entre barrotes mínimo de 10cm.

- **t**: espesor de los barrotes los cuales deben tener un diámetro mínimo de 10mm.
- **z**: pérdidas. (m)

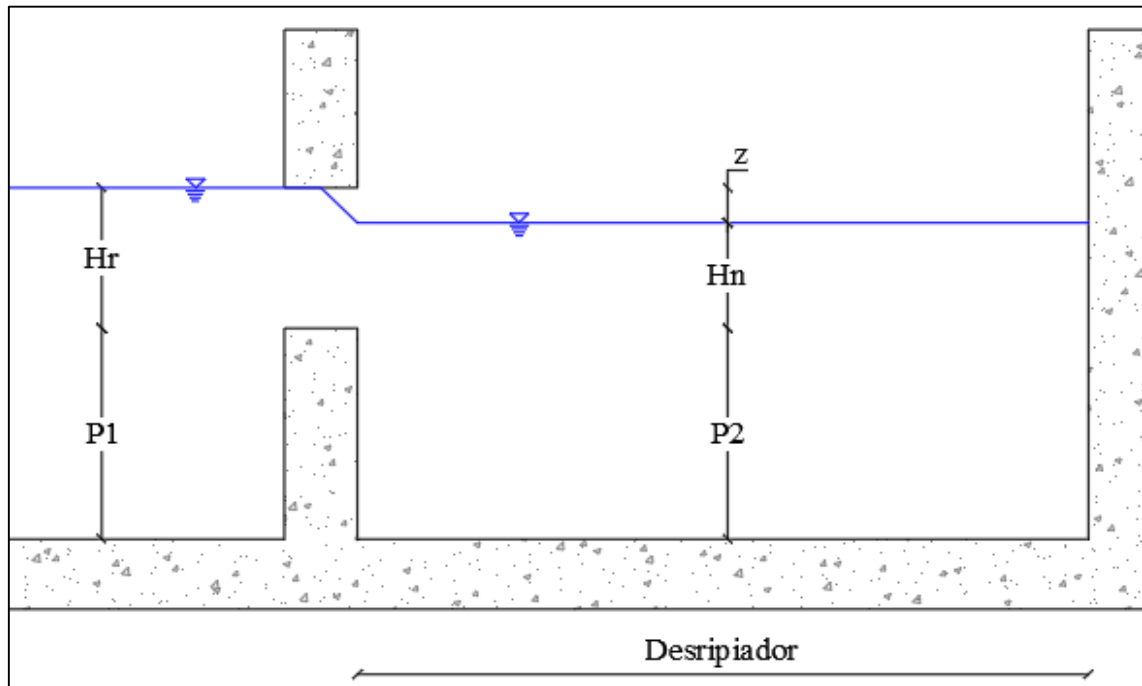


Figura 32: Diseño de Rejilla. Fuente: Krochin, 1978. Modificado por: Luis Aguirre

Para el diseño de la rejilla de este proyecto se tomarán en cuenta los siguientes datos:

Datos para el diseño de la rejilla	
Hr	0.400 m
k	0.850
P1	0.600 m
P2	0.600 m
Qc	0.150 m ³ /s
s	0.100 m
t	0.025 m
z	0.100 m

Tabla 40: Datos para el diseño de la rejilla. Elaborado por: Luis Aguirre.

Para empezar con el diseño de la rejilla de captación se realiza un chequeo de que la rejilla trabaje como un vertedero sumergido. Krochin (1978) sugiere.

Para considerar sumergido un vertedero, deben cumplirse las condiciones:

$$1. P_2 + H_n > P_1$$

$$2. \frac{z}{P_2} < 0.7$$

Si no se cumple la segunda condición, o sea si $\frac{z}{P_2} > 0.7$, el vertedero se calcula como no sumergido, pues se produce un resalto hidráulico rechazado al pie.(p.398).

Condiciones rejilla sumergida.					
Condición 1	$P_1 + H_n > P_2$	0.90	>	0.60	CUMPLE
Condición 2	$z/P_2 < 0.7$	0.17	<	0.7	CUMPLE

Tabla 41: Condiciones rejilla sumergida. Elaborado por: Luis Aguirre.

Una vez verificado que la rejilla trabaja como un vertedero sumergido se toman los datos de la tabla 40 para realizar el cálculo del ancho de la rejilla el cual está definido por la ecuación 10.

$$Q_c = k * S * M_o * b * H_r^{3/2}$$

Ecuación 10

Fuente:(Krochin, 1978)

Donde:

b: Ancho de la rejilla. (m)

Mo: coeficiente.

S: coeficiente de corrección por sumersión.

El valor del coeficiente Mo se puede calcular según Bazin (ecuación 11) y Villemonte (ecuación 12)

$$M_o = \left[1.794 + \frac{0.0133}{H_r} \right] * \left[1 + 0.55 \left(\frac{H_r}{H_r + P_1} \right)^2 \right]$$

Ecuación 11

Fuente:(Krochin, 1978)

$$M_o = \left[0.407 + \frac{0.045Hr}{Hr + P1} \right] * \left[1 + 0.285 \left(\frac{Hr}{Hr + P1} \right)^{2.1} \right] * \sqrt{2 * g}$$

Ecuación 12

Fuente:(Krochin, 1978)

Coficiente Mo de la rejilla	
Autor	Mo
Bazin	1.988048
Villemonte	1.968358

Tabla 42: Coficiente Mo de la rejilla. Elaborado por: Luis Aguirre.

De igual manera que el coeficiente Mo, el coeficiente S se calcula según Bazin (ecuación 13) y Villemonte (ecuación 14)

$$S = \left[1 + 0.2 \left(\frac{Hn}{P2} \right) \right] \sqrt[3]{\frac{z}{Hr}}$$

Ecuación 13

Fuente:(Krochin, 1978)

$$S = \left[1 - \left(\frac{Hn}{Hr} \right)^{3/2} \right]^{0.385}$$

Ecuación 14

Fuente:(Krochin, 1978)

Coficiente S de la rejilla	
Autor	S
Bazin	0.727604
Villemonte	0.667876

Tabla 43: Coficiente S de la rejilla. Elaborado por: Luis Aguirre.

Encontrados los valores de los coeficientes Mo y S se elige si se trabajará con Bazin o Villemonte. En este caso se trabajará con los valores de Mo y S según Bazin.

$$M_o = 1.988048$$

$$S = 0.727604$$

Una vez definidos los valores que se necesitan en la ecuación 10 podemos observar que podemos hallar el ancho de la rejilla (b).

$$0.150 = 0.85 * 0.727604 * 1.988048 * b * 0.40^{\frac{3}{2}}$$

$$b = 0.48 \text{ m}$$

Hallando el valor de b se procede a calcular el número de espaciamentos que debe existir y al mismo tiempo se calcula en número de barrotes de la rejilla.

$$ns = b/s$$

Ecuación 15

Fuente:(Krochin, 1978)

$$nb = ns - 1$$

Ecuación 16

Fuente:(Krochin, 1978)

Donde:

ns: número de espacios entre barrotes.

nb: número de barrotes

Aplicando la ecuación 15 y la ecuación 16 se obtiene que:

$$ns = 5$$

$$nb = 4$$

Obtenido los valores de ns y nb se procede a recalcular en ancho de la rejilla debido a que por el diámetro de los barrotes esta dimensión aumenta.

$$B = b + (nb * \phi_{\text{barrotes}})$$

Ecuación 17

Fuente:(Krochin, 1978)

Para este diseño se tomará en cuenta un ϕ_{barrotes} de 25 mm.

$$B = 0.48m + (4 * 0.025m)$$

$$B = 0.58m$$

Para la facilitar la construcción de la rejilla se recomienda que el ancho en este caso sea de:

$$B = 0.60m$$

Una vez calculadas las dimensiones de la rejilla se comprueba si el caudal que va a captar sea el necesario por el proyecto. Esto se lo realiza aplicando la ecuación 10, teniendo en cuenta que el ancho de la rejilla por donde circula el agua es el ancho sin los barrotes.

$$0.60m = b + (4 * 0.025m)$$

$$b = 0.50m$$

$$Qc = 0.85 * 0.727604 * 1.988048 * 0.50 * 0.40^{\frac{3}{2}}$$

$$Qc = 0.156m^3/s$$

Realizada la verificación del caudal de captación se procede a la ubicación de la rejilla de acuerdo con el recorrido del río. Kiselev (1961) recomienda que para la ubicación de la rejilla se debe tomar en cuenta la dirección del río, ya que entre la rejilla y la dirección del río tiene que formarse un ángulo no mayor a 20°, esto se sugiere para que se facilite la limpieza de los sedimentos, el ángulo se lo encuentra de acuerdo a la ecuación 18 (como se cita en Krochin, 1978, p.31).

$$\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{Vr}{Ve}\right)$$

Ecuación 18

Fuente:(Krochin, 1978)

Donde:

Vr: velocidad del río. (m³/s)

Ve: Velocidad de entrada por la rejilla. (m³/s)

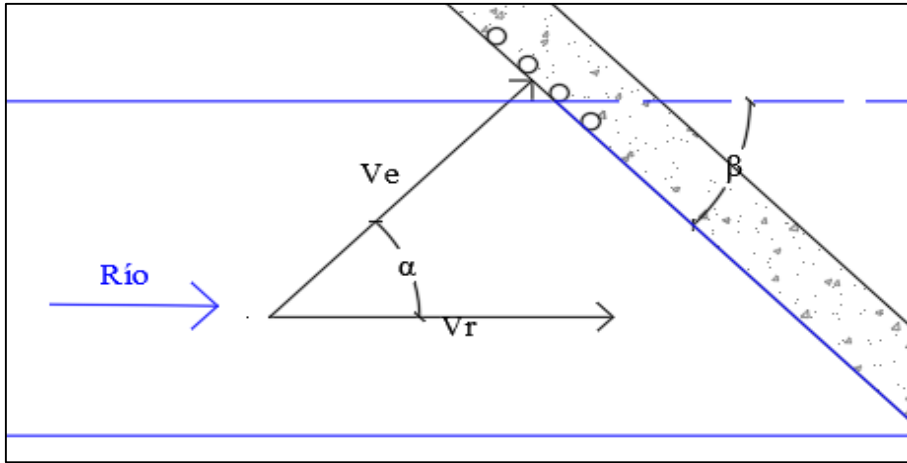


Figura 33: Ángulo entre rejilla y río. Fuente: Krochin, 1978. Modificado por: Luis Aguirre

Mediante una medición en campo se encontró la velocidad del río V_r y la velocidad de entrada V_e se fue iterando hasta que el ángulo que forma la rejilla con la dirección del río sea menor a 20° .

$$V_r = 0.697 \text{ m/s}$$

$$V_e = 2.500 \text{ m/s}$$

$$\alpha = 73.81^\circ$$

$$\beta = 16.19$$

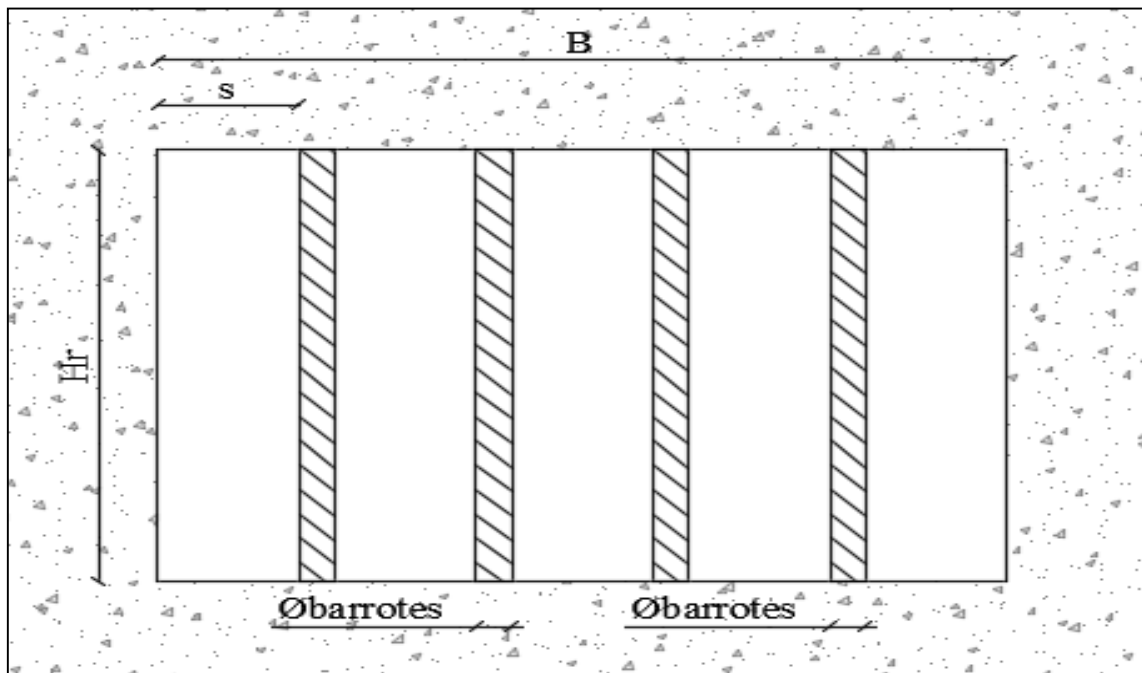


Figura 34: Rejilla de captación. Fuente: Krochin, 1978. Modificado por: Luis Aguirre

Resultados de diseño rejilla de captación	
B	0.60 m
H_r	0.40 m
nb	4
ns	5
Q_c	0.15 m ³ /s
s	0.10 m
β	16.19°
Øbarrotes	25 mm

Tabla 44: Resultados de diseño rejilla de captación. Elaborado por: Luis Aguirre.

4.5. Desripiador

El desripiador es una estructura que permite el asentamiento de las partículas que lleva el caudal de captación, una vez que este pasa por la rejilla, logrando un caudal limpio al momento de su paso por el vertedero de salida.

En el dimensionamiento se tomará en cuenta que se forma un resalto hidráulico para el cálculo del ancho del desripiador mientras tanto para el cálculo de la longitud del mismo se tomará en cuenta que el tamaño de las partículas que se deben asentar es de 2mm.

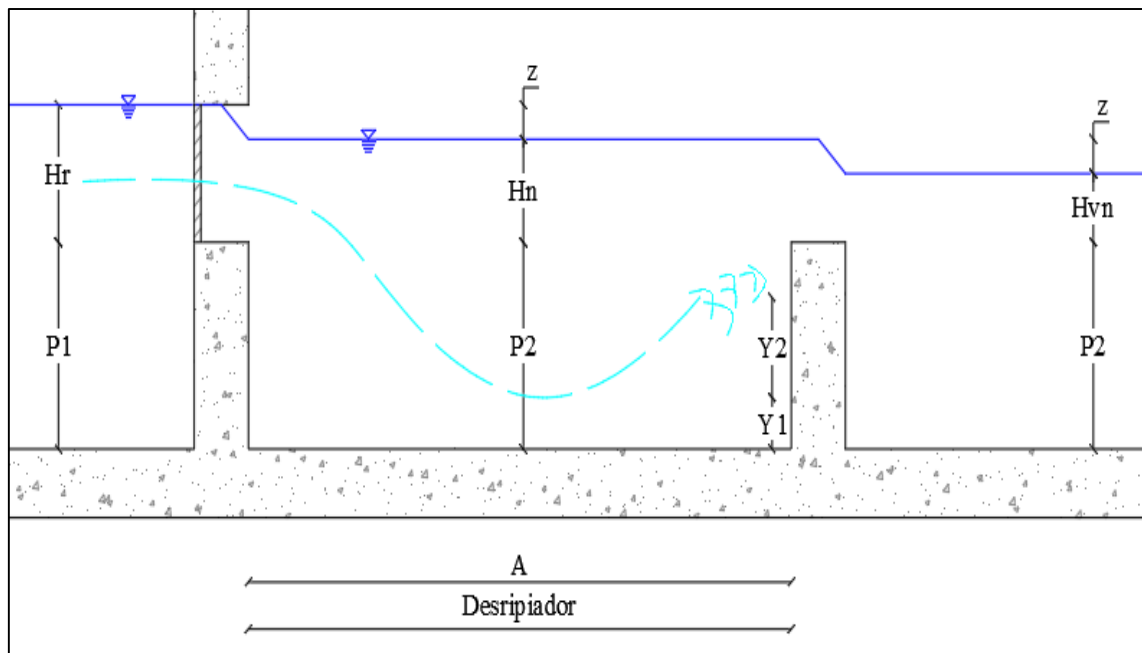


Figura 35: Diseño ancho del desripiador. Fuente: Krochin, 1978. Modificado por: Luis Aguirre

En el diseño del desripiador se tomará en cuenta los siguientes datos:

- **g:** Aceleración de la gravedad (m/s²)
- **Hn:** distancia entre P2 y el espejo de agua en el desripiador. (m)
- **Hr:** altura de la rejilla impuesta por el diseñador. (m)
- **P1:** altura del muro desde el fondo del río hasta la rejilla. Según Krochin (1978) la altura no debe ser menor de 0.60 - 0.80m. (m)
- **Qc:** caudal que se desea captar según las necesidades del proyecto. (m³/s)
- **z:** pérdidas. (m)

Para el diseño del desripiador de este caso se tomará en cuenta los siguientes datos:

Datos para el diseño del ancho del desripiador	
g	9.810 m/s ²
Hn	0.300 m
Hr	0.400 m
P1	0.600 m
Qc	0.150 m ³ /s
z	0.100 m

Tabla 45: Datos para el diseño del ancho del desripiador. Elaborado por: Luis Aguirre.

Utilizando los datos de la tabla 45 empezamos el diseño del desripiador calculando la longitud del resalto hidráulico que se forma. En este caso la longitud del resalto nos indicará el ancho del desripiador. Según Krochin (1978) “Para que el resalto alcance a formarse, necesita cierta longitud que es la que se debe dar al zampeado o cajón amortiguador según el caso. Existen varias fórmulas experimentales utilizadas para encontrar esta longitud” (p.430).

$$L = 4.5 * y_2$$

Ecuación 19

Fuente: Safranetz (1930), como se cita en Krochin, 1978.

$$L = 2.5 * (1.9y_2 - y_1)$$

Ecuación 20

Fuente: Pavlovski (1937), como se cita en Krochin, 1978.

$$L = 5 * (y_2 - y_1)$$

Ecuación 21

Fuente: Bakhmetev – Maztke (1936), como se cita en Krochin, 1978.

Observando las ecuaciones anteriores, necesitamos los valores de y_1 y y_2 los cuales se calculan con la ecuación 22 y ecuación 23 respectivamente.

$$Hr + P1 = y_1 + \frac{Qc^2}{2 * g * B^2 * y_1^2}$$

Ecuación 22

Fuente:(Krochin, 1978)

$$y_2 = \frac{y_1}{2} * \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{8 * q^2}{g * y_1^3}} \right)$$

Ecuación 23

Fuente:(Krochin, 1978)

Resultados y_1, y_2	
y_1	0.0581570m
y_2	0.4399032m

Tabla 46: Resultados y_1, y_2 . Elaborado por: Luis Aguirre.

Una vez obtenidos los valores de y_1 y y_2 se procede a verificar que el resalto este completamente sumergido.

$$y_2 < P2 + Hn$$

Ecuación 24

Fuente:(Krochin, 1978)

Aplicando la ecuación 24 obtenemos:

$$0.4399032\text{m} < 0.60\text{m} + 0.30\text{m}$$

$$0.4399032\text{m} < 0.90\text{m} \quad \mathbf{Ok}$$

Verificado que el resalto hidráulico trabaja completamente sumergido se procede al cálculo de las longitudes aplicando la ecuación 19, ecuación 20 y ecuación 21.

Longitud de resalto del desripiador		
Ecuación 19	L=	1.98
Ecuación 20	L=	1.94
Ecuación 21	L=	1.91

Tabla 47: Longitud de resalto del desripiador. Elaborado por: Luis Aguirre.

Analizando los valores de la tabla 47 se elige el mayor valor por seguridad. En este caso el ancho del desripiador es:

$$\mathbf{A = 2m}$$

Como se especificó anteriormente para el cálculo de la longitud del desripiador se lo realizara mediante el diámetro de las partículas que se deben asentar.

$$L = \frac{k * hv}{w}$$

Ecuación 25

Fuente:(Krochin, 1978)

Donde:

- L:** Longitud del desripiador. (m)
- k:** coeficiente según importancia del proyecto. Valor entre 1.2-1.5
- hv:** altura desde el fondo hasta el espejo de agua del desripiador. (m)
- w:** velocidad de sedimentación (m/s)

Velocidades de Sedimentación	
Diámetro de la partícula (mm)	Velocidad de sedimentación (cm/s)
0.05	0.178
0.1	0.692
0.15	1.56
0.2	2.16
0.25	2.7
0.3	3.24
0.35	3.78
0.4	4.32
0.45	4.86
0.5	5.4
0.55	5.94
0.6	6.48
0.7	7.32
0.8	8.07
1	9.44
2	15.29
3	19.25
5	24.9

Tabla 48: Velocidades de sedimentación. Fuente: Krochin, 1978. Modificado por: Luis Aguirre.

Para el cálculo de la longitud se tomarán en cuenta los siguientes datos.

Datos diseño de la longitud del desripiador	
Diámetro de partícula	2mm
Hv	0.90m
k	1.5
w	0.1529m/s

Tabla 49: Datos diseño de la longitud del desripiador. Elaborado por: Luis Aguirre.

$$L = \frac{1.5 * 0.90m}{0.1529m/s}$$

$$L = 8.83m$$

Para una mayor seguridad del asentamiento de las partículas en este caso se tomó una longitud de:

$$L=10\text{m}$$

4.6. Vertedero de Salida

El vertedero de salida tiene como objetivo captar agua más limpia después de pasar por el desripiador.

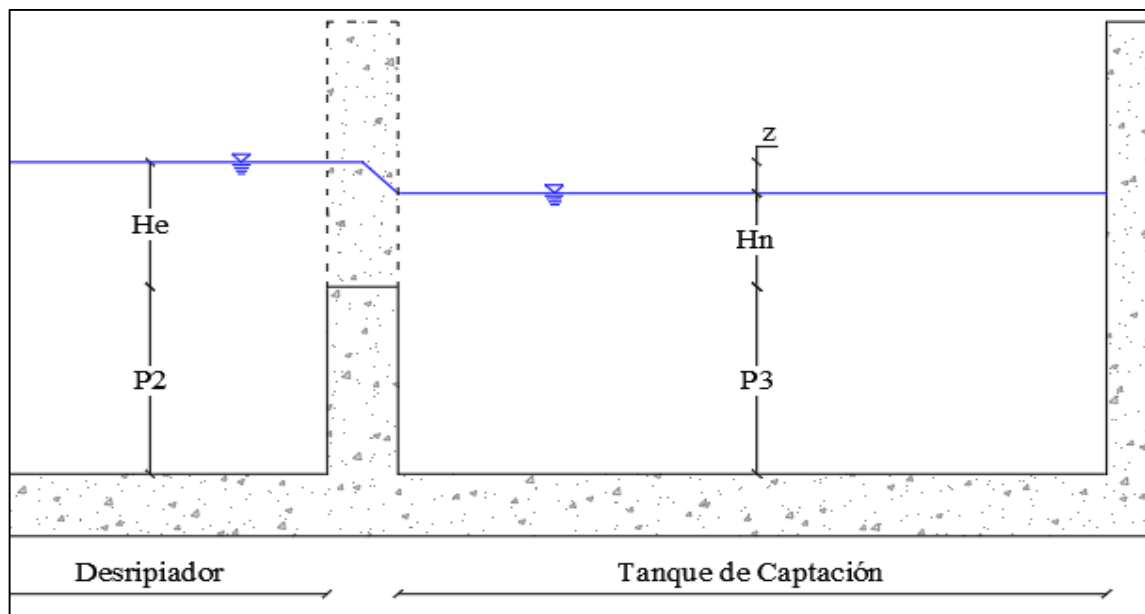


Figura 36: Diseño de vertedero de salida. Fuente: (Krochin, 1978). Modificado por: Luis Aguirre.

El diseño del vertedero se lo realiza de la misma forma que el diseño de la rejilla.

Datos diseño vertedero de salida	
He o Hr	0.300 m
k	0.850
P1	0.600 m
P2	0.600 m
Qc	0.075 m ³ /s
z	0.100 m

Tabla 50: Datos diseño vertedero de salida. Elaborado por: Luis Aguirre.

Se empieza el diseño comprobando si el vertedero trabajara completamente sumergido.

Condiciones vertedero sumergido					
Condición 1	$P2+Hn > P3$	0.80	>	0.60	CUMPLE
Condición 2	$z/P3 < 0.7$	0.1666667	<	0.7	CUMPLE

Tabla 51: Condiciones vertedero sumergido. Elaborado por: Luis Aguirre.

Verificado que el vertedero trabajara completamente sumergido se toma en cuenta la tabla 50 y se procede a aplicar la ecuación 11 y la ecuación 12 para halla el valor de Mo; y para hallar el valor de S, se utiliza la ecuación 13 y la ecuación 14.

Coficiente Mo del vertedero	
Autor	Mo
Bazin	1.950676
Villemonte	1.928419

Tabla 52: Coficiente Mo del vertedero. Elaborado por: Luis Aguirre.

Coficiente S del vertedero	
Autor	S
Bazin	0.776565
Villemonte	0.738890

Tabla 53: Coficiente S del vertedero. Elaborado por: Luis Aguirre.

Al igual que se lo realizó en el diseño de la rejilla se trabajará con los valores según Bazin.

$$\mathbf{Mo= 1.950676}$$

$$\mathbf{S= 0.776565}$$

Una vez definidos los valores de “Mo” y “S”, se procede a aplicar la ecuación 26 para obtener el ancho del vertedero.

$$Q = S * Mo * B * He^{3/2}$$

Ecuación 26

Fuente:(Krochin, 1978)

$$0.075 = 0.7776565 * 1.950676 * B * 0.30^{\frac{3}{2}}$$

$$\mathbf{B= 0.30 m}$$

4.7. Disipador de Energía

El disipador de energía es una estructura que permite disminuir la velocidad del río al pasar por el azud y así impedir que aguas debajo de la obra el material del cauce se erosione.

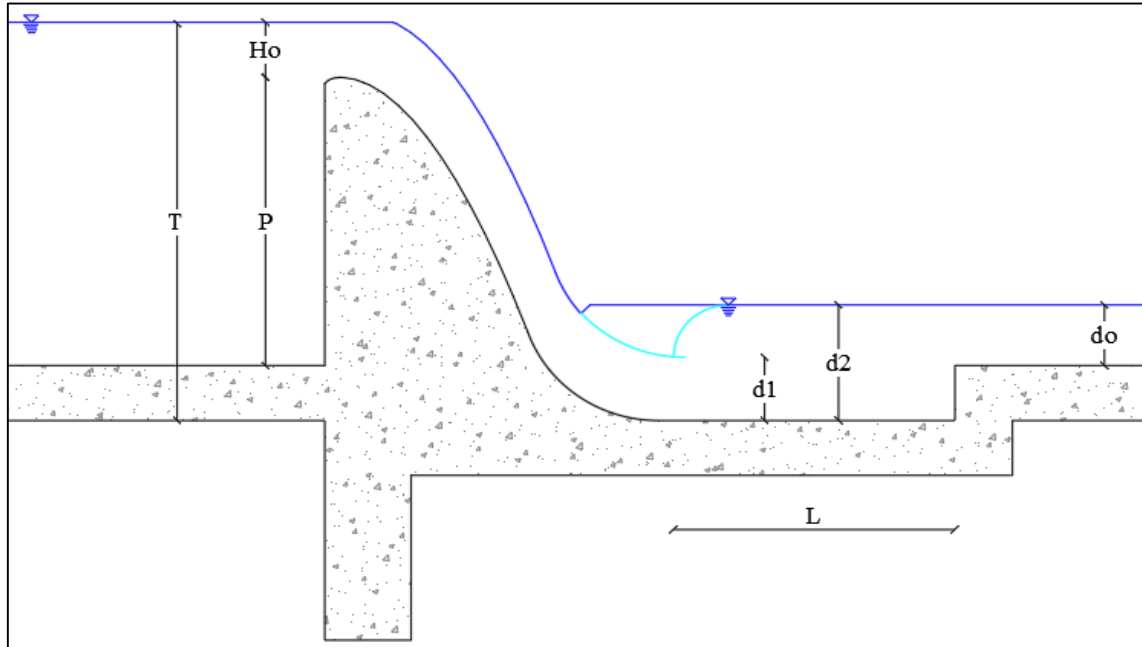


Figura 37: Diseño disipador de energía. Fuente: (Krochin, 1978). Modificado por: Luis Aguirre.

El diseño consiste en calcular la longitud del disipador debido a la formación de un resalto hidráulico. “Primero, se calcula d_{con} al pie del azud. Generalmente el zampeado con los muros verticales a los lados forma un cauce rectangular para el cual la fórmula es:”(Krochin, 1978, p.57).

$$d_{con} = \frac{q}{k * \sqrt{2 * g * (T_0 - d_{con})}}$$

Ecuación 27

Fuente:(Krochin, 1978)

Donde:

dcon: Calado contraído (m)

g: Aceleración de la gravedad (m/s²)

k: Coeficiente de pérdida. Valores entre 1 - 0.9

q: Relación entre el caudal y la longitud del azud. (m²/s)

To: “Altura desde el nivel de aguas arriba del azud hasta la solera del zampeado”(Krochin, 1978, p.57). (m)

Para el diseño del disipador de energía se utilizarán los datos de la tabla 54.

Datos diseño disipador de energía	
q	0.1719 m ² /s
k	0.95
g	9.81 m/s ²
To	1.24 m
do	0.42 m

Tabla 54: Datos diseño disipador de energía. Elaborado por: Luis Aguirre.

Aplicando los datos anteriores en la ecuación 27.

$$d_{con} = \frac{0.1719}{0.95 * \sqrt{2 * 9.81 * (1.24 - d_{con})}}$$

$$d_{con} = 0.03727m$$

Una vez hallado el valor de d_{con} procedemos al cálculo de d_1 , teniendo en cuenta que $d_0 = d_2$.

$$d_2 = \frac{d_1}{2} * \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{8 * q^2}{g * d_1^3}} \right)$$

Ecuación 28

Fuente:(Krochin, 1978)

$$0.42 = \frac{d_1}{2} * \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{8 * 0.1719}{9.81 * d_1^2}} \right)$$

$$d_1 = 0.031784m$$

Obtenidos los valores de d_{con} y d_1 . Krochin (1978) afirma:

Se pueden presentar tres casos:

1. Si $d_1 > d_{con}$, el calado del río es insuficiente para detener el agua y el resalto es rechazado hacia abajo.
2. Si $d_1 = d_{con}$ el resalto se forma inmediatamente a continuación del calado contraído. Este caso es una rara coincidencia.
3. Si $d_1 < d_{con}$ el resalto se sumerge y el calado normal del río se extiende hasta topar el azud.

El tercer caso es el que se trata de obtener. El primer caso es completamente indeseable. (p.58)

Como podemos observar en este proyecto nos cumple el tercer caso es decir que no es necesario un colchón amortiguador. Una vez definido esto se procederá con el cálculo de la longitud del resalto hidráulico empleado la ecuación 19, la ecuación 20 y la ecuación 21, tomando en cuenta como y_1 y y_2 a d_1 y d_2 respectivamente.

Longitud del resalto en el dissipador de energía		
Ecuación 19	L=	1.89
Ecuación 20	L=	1.92
Ecuación 21	L=	1.94

Tabla 55: Longitud del resalto en el dissipador de energía. Elaborado por: Luis Aguirre.

Analizando los valores de la tabla 55 se elige el mayor valor por seguridad. En este caso la longitud del resalto hidráulico será:

$$\mathbf{L=2m}$$

El diseño anterior es correcto, pero se recomienda que entre la base del paramento y el zampeado exista un desnivel. Para este proyecto se tomará en cuenta un desnivel de 20cm el cual afectará a todo el diseño, por lo tanto, se tendrá que volver a realizarlo con los datos de la tabla 56.

Datos rediseño del disipador de energía	
q	0.1719 m ² /s
k	0.95
g	9.81 m/s ²
To	1.44 m
do	0.62 m

Tabla 56: Datos rediseño del disipador de energía. Elaborado por: Luis Aguirre.

Aplicando el procedimiento previamente realizado con los nuevos datos se obtiene los resultados para el diseño del disipador de energía.

Resultados diseño del disipador de energía	
d_{con}	0.03448 m
d₁	0.01531 m
L	3.05 m

Tabla 57: Resultados diseño del disipador de energía. Elaborado por: Luis Aguirre.

CAPÍTULO V - DISEÑO ESTRUCTURAL DE OBRAS DE CAPTACIÓN SUPERFICIAL

La estructura de captación en el río Zumbahua para el proyecto de riego de la Junta de Riego “El Tiglán” es una estructura de hormigón armado, cuya forma y cabidas responde a los parámetros del diseño hidráulico previamente realizado y a la información, cotas, coordenadas, topografía estudios de suelos e informes de campo, recopilada de los proyectos de responsabilidad social de la facultad de ingeniería de la PUCE.

De acuerdo a Albuja (2017), el basamento de estructura es una grava bien graduada con arena tipo GW, de un peso unitario medio de 1829 kg/m^3 , ángulo de fricción interna de 26.67° , un valor de capacidad de carga de 15 T/m^2 y un coeficiente de balasto de 1801 T/m^3 . (anexo e)

Datos del informe de suelos		
Tipo de suelo	GW	Grava bien graduada con arena
Peso unitario	γ	1829 kg/m^3
Ángulo de fricción	ϕ	26.67°
Capacidad de carga	q	15 T/m^2
Coefficiente de Balasto	Kb	1801 T/m^3

Tabla 58: Datos del informe de suelos. Fuente: Albuja, 2017. Elaborado por: Luis Aguirre

El diseño estructural se basa en la NEC 2014, aprobada en enero 2015. En el diseño estructural se considera que la estructura es un complejo de muros monolíticos junto al azud de geometría hidráulica resistente a fuerzas verticales, laterales, temperatura y sismo, mientras que las compuertas funcionaran como muros o paneles de acero en el modelamiento.

5.1.Cargas de la Estructura

Para las cargas de los elementos de hormigón armado se modelaron con su peso en el programa de cálculo, las cargas de suelo y agua también se encuentran representadas en el modelo matemático.

5.1.1. Carga sísmica estática

La parroquia de Zumbahua está ubicada según NEC-SE-DS (2014) en una zona sísmica tipo V, con un factor de zona $Z= 0.4$, lo que indica que es una zona del alto peligro sísmico, y un suelo de tipo D de acuerdo con el informe geotécnico.

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Tabla 59: Valor del factor de zona Z. Fuente: NEC-SE-DS, 2014.

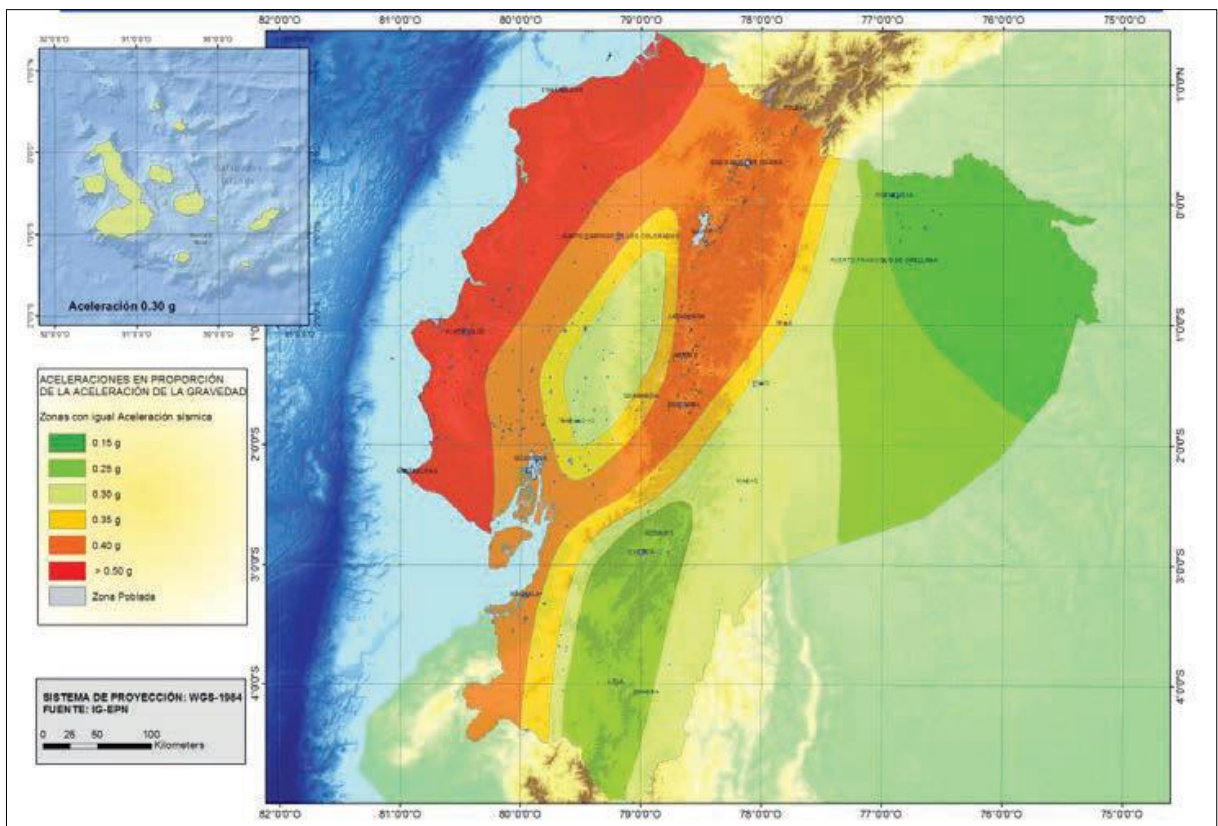


Figura 38: Mapa de zonas sísmicas del Ecuador, para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z. Fuente: NEC-SE-DS, 2014.

Una vez definida la zona sísmica y el tipo de suelo del lugar de implantación del proyecto, se procede a encontrar los valores de los coeficientes de perfil de suelo F_a , F_d y F_s con las respectivamente.

Fa: Coeficiente de amplificación de suelos en la zona de período corto						
Tipo de perfil del suelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	≥ 0.50
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1	0.85

Tabla 60: Fa: Coeficiente de amplificación de suelos en la zona de período corto. Fuente: NEC-SE-DS, 2014. Modificado por: Luis Aguirre.

Fd: amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuestas de desplazamientos para diseño en roca						
Tipo de perfil del suelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	≥ 0.50
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.08
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5

Tabla 61: Fd: amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuestas de desplazamientos para diseño en roca. Fuente: NEC-SE-DS, 2014. Modificado por: Luis Aguirre.

Fs: Comportamiento no lineal de los suelos						
Tipo de perfil del suelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	≥ 0.50
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.4
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2

Tabla 62: Fs: Comportamiento no lineal de los suelos. Fuente: NEC-SE-DS, 2014. Modificado por: Luis Aguirre.

Según la NEC-SE-DS (2014) se ubica a la estructura de captación en la categoría “otras estructuras” y el coeficiente de importancia es equivalente a: **I= 1**.

Al mismo tiempo debemos analizar la estructura para encontrar el coeficiente de configuración estructural en planta $\emptyset P$ y el coeficiente de configuración estructural en elevación $\emptyset E$, “los coeficientes de configuración estructural incremental el valor del cortante de diseño con la intención de proveer de mayor resistencia a la estructura, pero no evita el posible comportamiento sísmico deficiente de la edificación”(NEC-SE-DS, 2014, p.49).

Coefficientes de configuración estructural		
Coefficiente	Valor	Tomado de
$\emptyset P$	0.9	Tabla 13 NEC-SE-DS
$\emptyset E$	0.9	Tabla 14 NEC-SE-DS

Tabla 63: Coeficientes de configuración estructural. Elaborado por: Luis Aguirre.

Una vez encontrados los valores de Z, I, $\emptyset P$, $\emptyset E$, procedemos con el cálculo del cortante basal estático de diseño (V).

$$V = \frac{I * S_a(T_a)}{R * \emptyset_P * \emptyset_E} * W$$

Ecuación 29

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)

Donde:

- Sa(Ta):** Espectro de diseño en aceleración.
- $\emptyset P$ y $\emptyset E$:** Coeficientes de configuración en planta y elevación.
- I:** Coeficiente de importancia.
- R:** Factor de reducción de resistencia sísmica.
- V:** Cortante basal total de diseño.
- W:** Carga sísmica reactiva.
- Ta:** Período de vibración.

Para poder determinar el cortante basal estático (V) tenemos que encontrar las incógnitas faltantes como: $S_a(T_a)$ y R, el cortante basal se dejara en función de W debido a que este es determinado por el programa después de modelar la estructura.

Procedemos con el cálculo de S_a mediante la ecuación

$$S_a = \eta * Z * F_a$$

Ecuación 30

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)

$$S_a = \eta * Z * F_a * \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$$

Ecuación 31

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)

Donde

- η :** Razón entre la aceleración espectral S_a ($T= 0.1s$) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado. **$\eta=2.48$** debido a la ubicación del proyecto.
- Z:** Factor de zona.
- Fa:** Coeficiente de amplificación de suelos en la zona de período corto.
- Tc:** Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que presenta el sismo de diseño.
- T:** Período fundamental de vibraciones de la estructura.
- r:** Factor usado en el espectro de diseño elástico, de acuerdo a la ubicación geografía del proyecto.

El factor **$r=1.5$** , se utilizará este valor por seguridad debido a que el punto de implantación del proyecto es a 60m de donde se obtuvieron las muestras de suelo para el análisis geotécnico.

Para establecer el valor de S_a la NEC-SE-DS (2014) establece dos condiciones:

- Si **$0 \leq T \leq T_c$** se utiliza la ecuación 30.
- Si **$T > T_c$** se utiliza la ecuación 31.

Los valores de T_c y T se calculan con la ecuación 32 y la ecuación 33 respectivamente.

$$T_c = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

Ecuación 32

Fuente:(NEC-SE-DS, 2014)

$$T = C_t * h_n^\alpha$$

Ecuación 33

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)

Donde:

Ct: Coeficiente que depende del tipo de estructura.

hn: Altura máxima de la estructura, medida desde la base de la estructura.

De acuerdo a la NEC-SE-DS (2014) el valor de **Ct= 0.055** y el valor de **α= 0.75**.

$$T_c = 0.55 * 1.28 * \frac{1.19}{1.2}$$

$$T_c = \mathbf{0.698}$$

$$T = 0.055 * 1.80^{0.75}$$

$$T = \mathbf{0.085}$$

Una vez hallado los valores de Tc y T, verificamos las condiciones para saber con qué ecuación podemos hallar el valor de Sa, en este caso se utilizara la ecuación 30 debido a que el valor de T esta entre 0 y Tc.

$$S_a = 2.48 * 0.40 * 1.2$$

$$S_a = \mathbf{1.190}$$

Hallado el valor de Sa, continuamos con la determinación del factor R. De acuerdo con NEC-SE-DS (2014):

El factor R permite una reducción de las fuerzas sísmicas de diseño, lo cual es permitido siempre que las estructuras y sus conexiones se diseñan para desarrollar un mecanismo de falla previsible y con adecuada ductilidad,

donde el daño se concentre en secciones especialmente detalladas para funcionar como rotulas plásticas. (p.63)

Para este proyecto se tomará un factor **R= 5** debido a que consideramos la estructura como un sistema de muros de hormigón armado.

Una vez hallado todas las incógnitas procedemos con el cálculo del cortante basal estático del diseño.

$$V = \frac{1 * 1.190}{5 * 0.9 * 0.9} * W$$

$$V = 0.294 * W$$

5.1.2. Análisis de carga sísmica general

Datos previamente calculados		
Zona sísmica	V	0.4
Tipo de suelo	D	
Coefficiente de amplificación de suelos en la zona de período corto	Fa	1.2
Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuestas de desplazamientos para diseño en roca	Fd	1.19
Comportamiento no lineal de los suelos	Fs	1.28
Razón entre la aceleración espectral Sa (T= 0.1s) y el PGA	η	2.48
Coefficiente de importancia	I	1.5
Gravedad	g	9.81 m/s ²
Período límite de vibración	Tc	0.698
Período fundamental de vibración	T	0.087

Tabla 64: Datos previamente calculados. Elaborado por: Luis Aguirre.

El cálculo del corte basal dinámico depende del valor de Sa debido a que de acuerdo al valor del periodo fundamental de vibración de la estructura se usara la ecuación 30, la ecuación 31 o la ecuación 36.

$$S_a = Z * F_a * \left(1 + (\eta - 1) \frac{T}{T_o}\right)$$

Ecuación 34

Fuente:

Para obtener el valor de T_o se aplica la siguiente ecuación:

$$T_o = 0.10 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

Ecuación 35

Fuente:(NEC-SE-DS, 2014)

$$T_o = 0.10 * 1.28 * \frac{1.19}{1.20}$$

$$\mathbf{T_o = 0.127}$$

Una vez obtenido el valor de T_o se analiza que la ecuación necesaria para la determinar el valor de S_a es la ecuación 30.

$$\mathbf{S_a = 1.190}$$

Aplicando la ecuación 29 encontramos en cortante basal dinámico.

$$\mathbf{V = 0.294 * W}$$

5.1.3. Cálculo del espectro de diseño

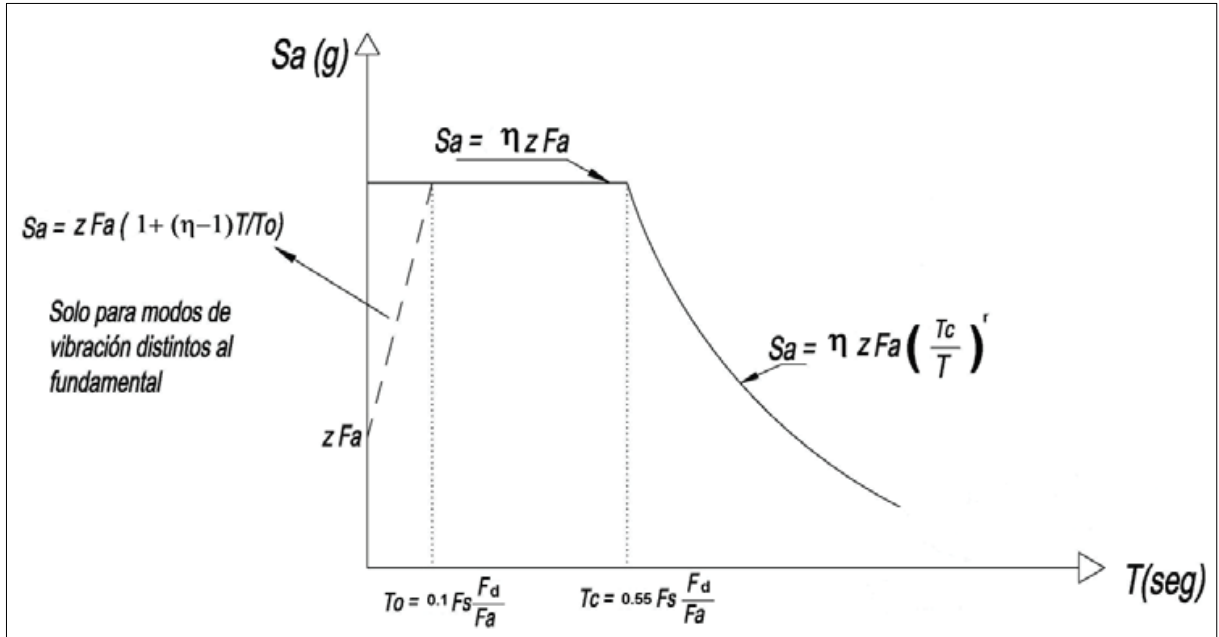


Figura 39: Espectro elástico de diseño. Fuente: NEC-SE-DS, 2014.

Como se muestra en la figura 39 para el diseño del espectro necesitamos los valores de S_a aplicando la ecuación 30 y la ecuación 31, para graficar el espectro se deberá tener en cuenta el período límite de vibración.

Espectro de diseño			
T	Sa	Sa(g)	Sa(g)/R
0.00	1.190	11.678	2.336
0.10	1.190	11.678	2.336
0.20	1.190	11.678	2.336
0.30	1.190	11.678	2.336
0.40	1.190	11.678	2.336
0.50	1.190	11.678	2.336
0.60	1.190	11.678	2.336
0.70	1.190	11.678	2.336
0.80	1.039	10.189	2.038
0.90	0.923	9.057	1.811
1.00	0.831	8.151	1.630
1.10	0.755	7.410	1.482

1.20	0.692	6.793	1.359
1.30	0.639	6.270	1.254
1.40	0.593	5.822	1.164
1.50	0.554	5.434	1.087
1.60	0.519	5.094	1.019
1.70	0.489	4.795	0.959
1.80	0.462	4.528	0.906
1.90	0.437	4.290	0.858
2.00	0.415	4.076	0.815
2.50	0.332	3.260	0.652
3.00	0.277	2.717	0.543
3.50	0.237	2.329	0.466
4.00	0.208	2.038	0.408
4.50	0.185	1.811	0.362
5.00	0.166	1.630	0.326
5.50	0.151	1.482	0.296
6.00	0.138	1.359	0.272
6.50	0.128	1.254	0.251
7.00	0.119	1.164	0.233
7.50	0.111	1.087	0.217
8.00	0.104	1.019	0.204
8.50	0.098	0.959	0.192
9.00	0.092	0.906	0.181
9.50	0.087	0.858	0.172
10.00	0.083	0.815	0.163

Tabla 65: Espectro de diseño. Elaborado por: Luis Aguirre.

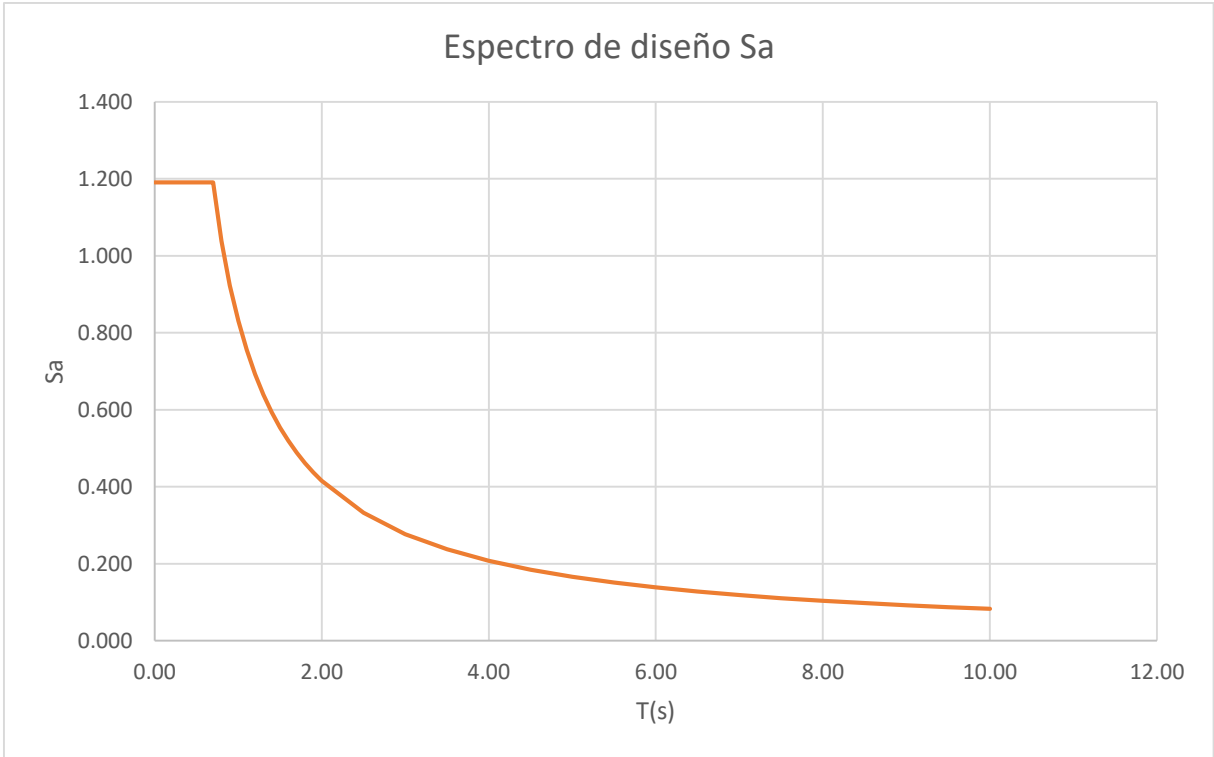


Tabla 66: Espectro de diseño S_a . Elaborado por: Luis Aguirre.

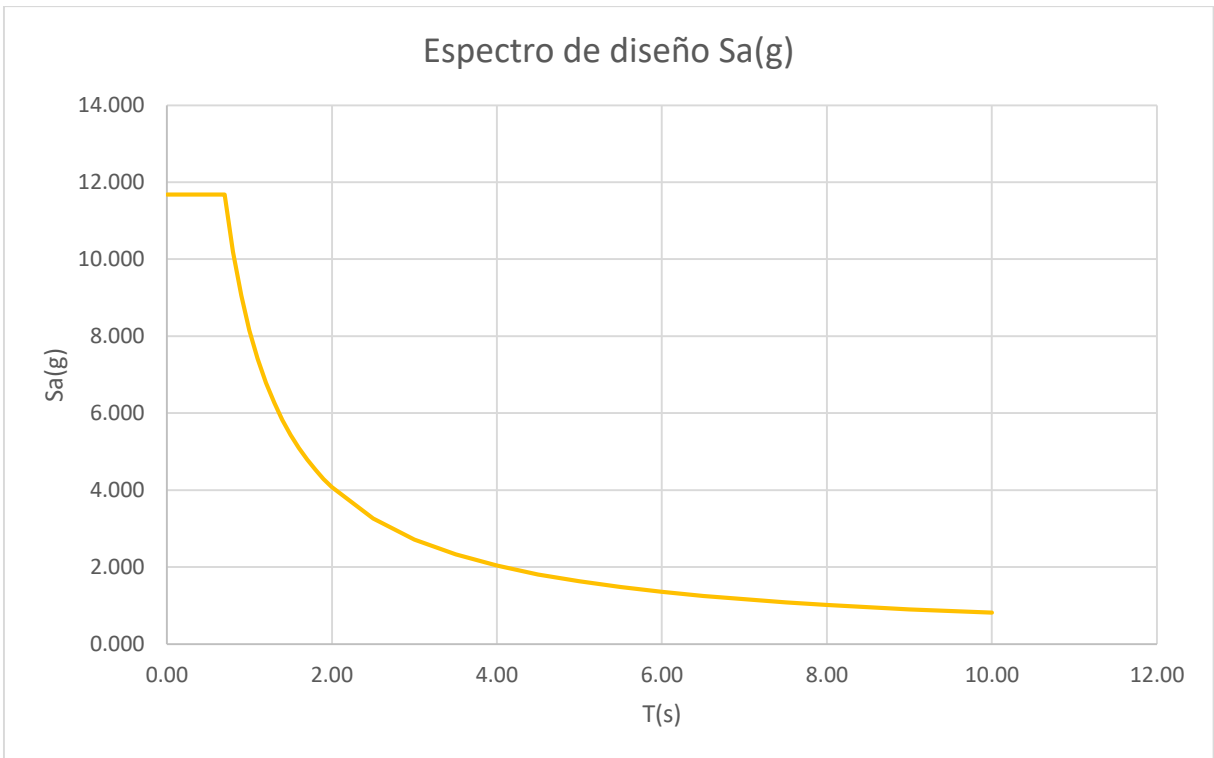


Tabla 67: Espectro de diseño $S_a(g)$. Elaborado por: Luis Aguirre.

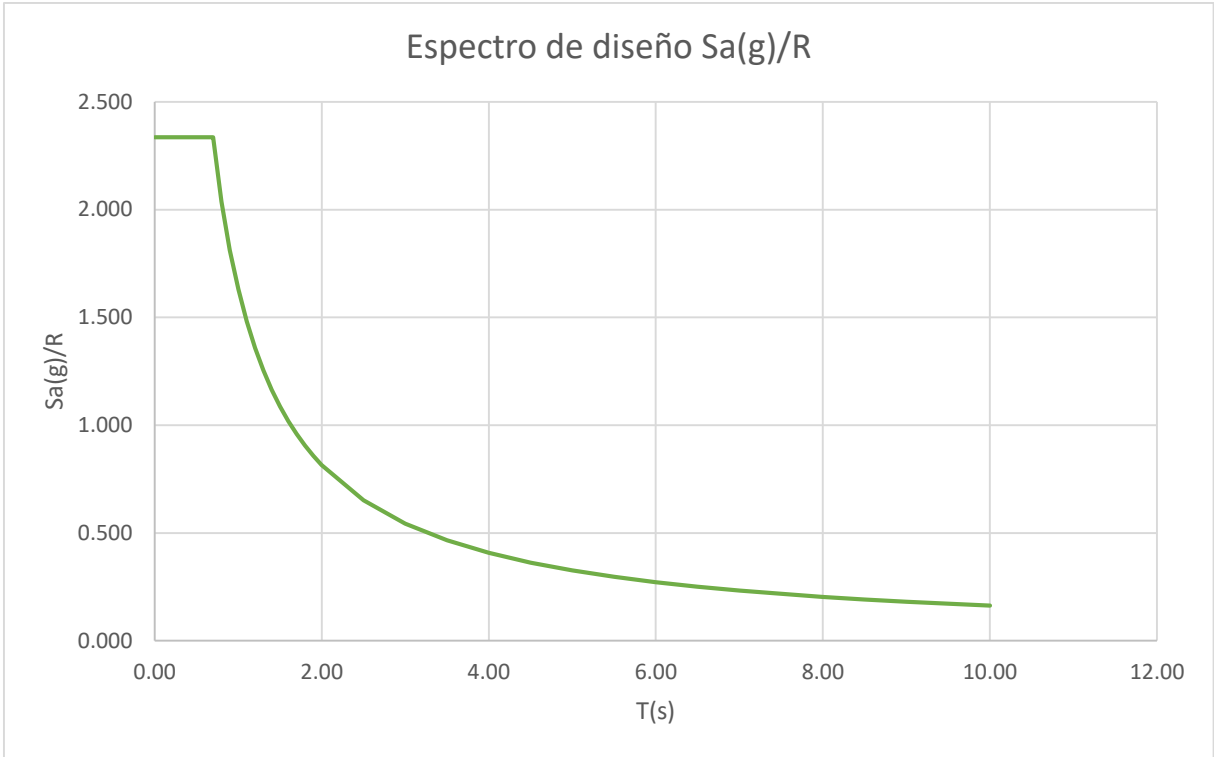


Tabla 68: Espectro de diseño $S_a(g)/R$. Elaborado por: Luis Aguirre.

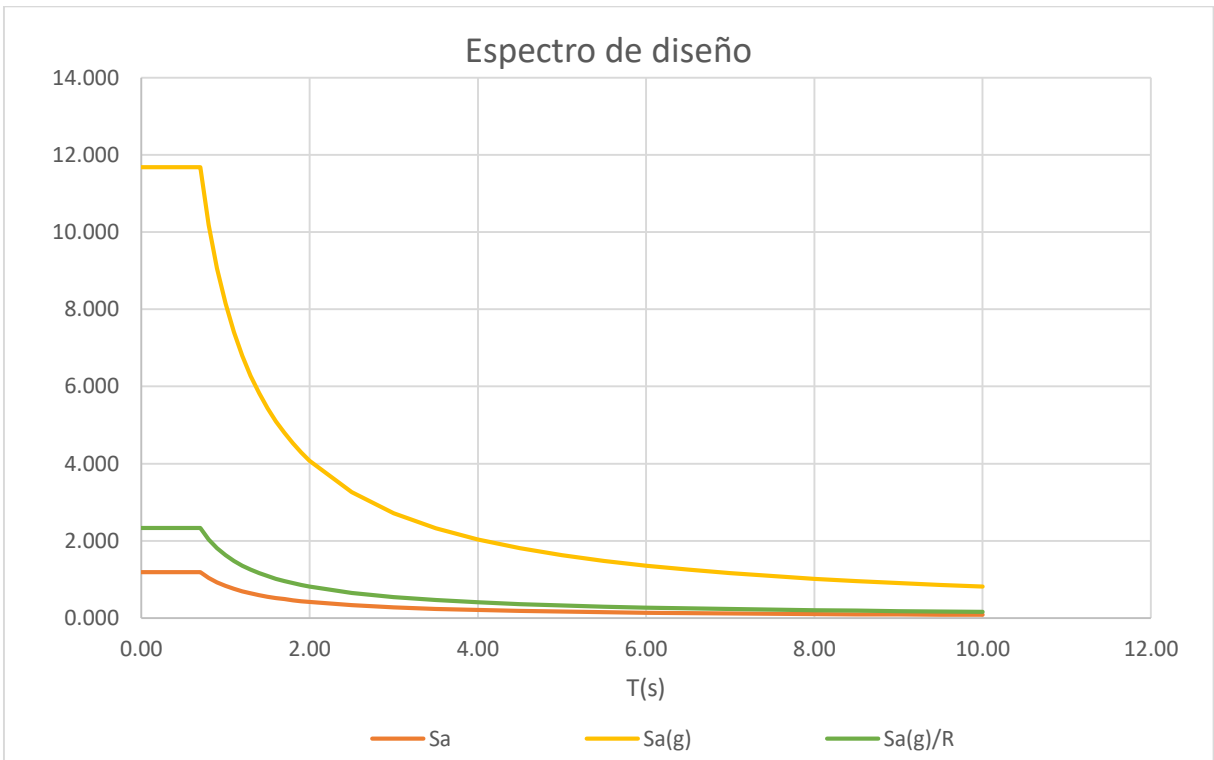


Tabla 69: Espectro de diseño. Elaborado por: Luis Aguirre.

5.1.4. Cargas del suelo

Como se especificó anteriormente los datos acerca del tipo del suelo se los obtuvo de los proyectos de responsabilidad social de la PUCE. Las cargas de suelo que intervendrán básicamente son el empuje activo y el empuje pasivo.

El cálculo del empuje activo y el empuje pasivo se calculan con la ecuación 36 y la ecuación 37 respectivamente.

$$P_a = \gamma * h * K_a$$

Ecuación 36

Fuente: (Braja. M., 2013)

$$P_p = \gamma * h * K_p$$

Ecuación 37

Fuente: (Braja. M., 2013)

Donde:

Pa: Empuje activo.

Pp: Empuje pasivo.

γ : Densidad del suelo.

Ka: Coeficiente de presión activa.

Kb: Coeficiente de presión pasiva.

h: Altura del muro de contención.

Para poder calcular los empujes debemos calcular los coeficientes de presión Ka y Kb, estos coeficientes dependen de ángulo de fricción ϕ .

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

Ecuación 38

Fuente: (Braja. M., 2013)

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

Ecuación 39

Fuente: (Braja. M., 2013)

Aplicando los datos del informe geotécnico, tabla 58, encontramos los valores del empuje activo y pasivo, teniendo en cuenta que los empujes quedan en función de h debido a que depende de las dimensiones del muro donde actuó el empuje.

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{26.67}{2} \right)$$

$$K_a = 0.3804$$

$$P_a = 1.829 T/m^3 * h * 0.3804$$

$$P_a = 0.696 * h$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{26.67}{2} \right)$$

$$K_p = 2.629$$

$$P_p = 1.829 T/m^3 * h * 2.629$$

$$P_a = 4.808 * h$$

5.1.5. Coeficiente de balasto para análisis de bases y losa de cimentación

En el anexo e se especifica que el coeficiente de balasto $K_b = 1801 T/m^3$.

El coeficiente de balasto indica la resistencia del suelo ante una acción, también sirve para el cálculo de los asentamientos de una estructura.

La estructura se modeló de acuerdo con el método de elemento finitos, el cual permite analizar paso a paso la relación entre la fuerza y los desplazamientos. Toda la estructura se divide en elementos cuadrados de 10cm x 10cm.

Para el análisis de las bases y losa de cimentación se utilizó el coeficiente de balasto para modelar el suelo y poder calcular los desplazamientos que la estructura presenta.

$$Kb_z = A * Kb$$

Ecuación 40

Fuente: (Braja. M., 2013)

$$Kb_x = Kb_y = A * Kb * (1 - \sin \phi)$$

Ecuación 41

Fuente: (Braja. M., 2013)

Al dividirse la losa en elementos finitos existen nudos externos, internos y en las esquinas, se debe considerar el tipo de nudo al momento de la modelación de la estructura para aplicar las cargas.

Componentes del coeficiente de balasto						
	Kb (T/m³)	Área (m²)	1 – Sen(Ø)	Kbx (T/m²)	Kby (T/m²)	Kbz (T/m²)
Nudo interno	1801	0.01	0.55	9.93	9.93	18.01
Nudo externo	1801	0.01	0.55	4.96	4.96	9.01
Nudo esquina	1801	0.00	0.55	2.48	2.48	4.50

Tabla 70:Componentes del coeficiente de balasto. Elaborado por: Luis Aguirre.

5.1.6. Cargas de Agua

Las cargas de agua en este proyecto son fundamentales, al igual que las cargas del suelo las cargas del agua dependerán de la altura del muro donde van a actuar.

$$P_{H2O} = \gamma_{H2O} * h$$

Ecuación 42

Fuente:(Braja. M., 2013)

Donde:

P_{H20}: Presión del agua.

γ_{H20}: Densidad del agua.

h: Altura de la posición donde se desea calcular.

$$P_{H20} = 1 \frac{T}{m^3} * h$$

5.1.7. Modelo de la estructura en programa estructural

5.1.7.1. Modelo estructural

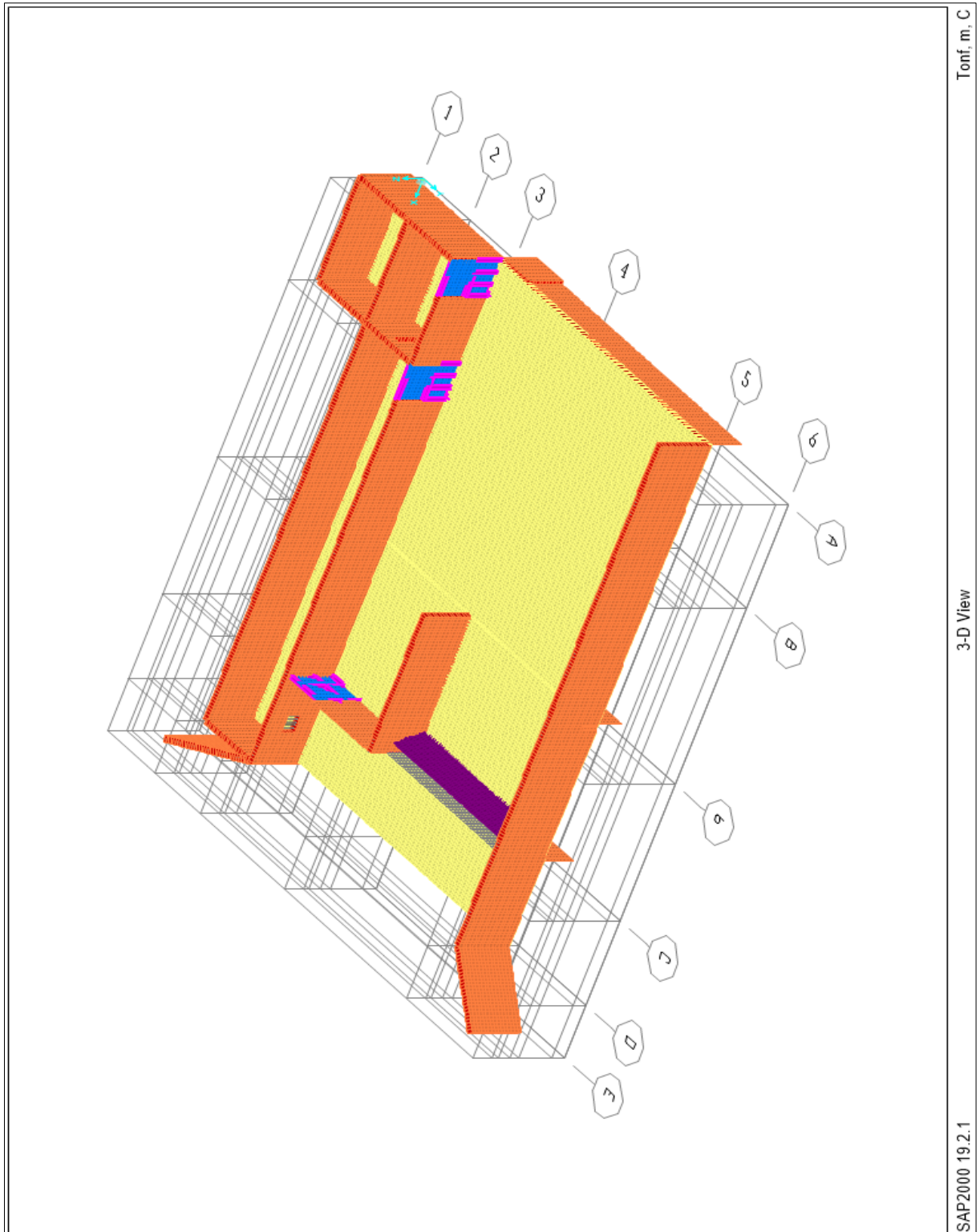


Figura 40: Vista 3D modelo estructural (A). Fuente: SAP2000. Elaborado por: Luis Aguirre.

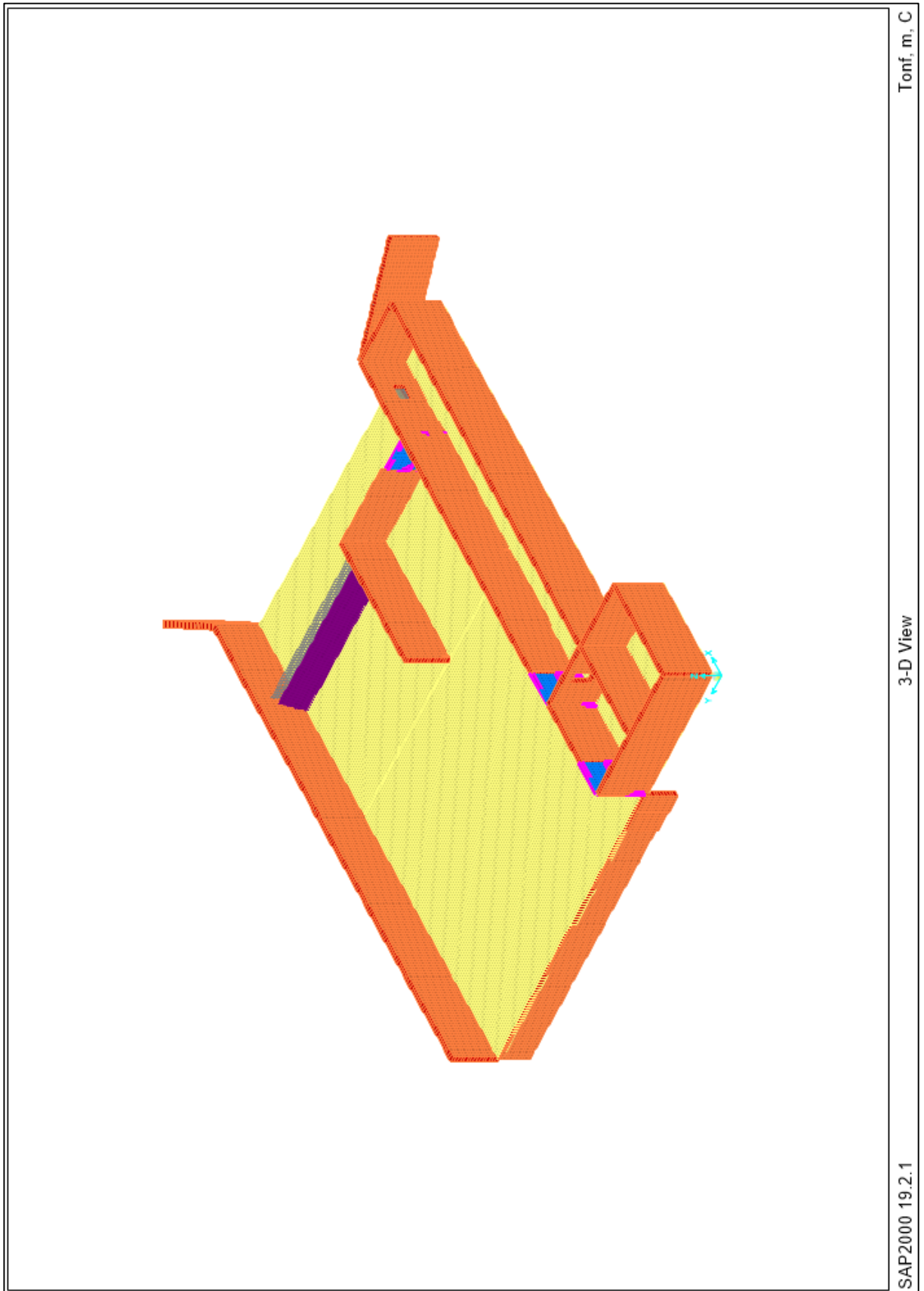


Figura 41: Vista 3D modelo estructural (B). Fuente: SAP2000. Elaborado por: Luis Aguirre.

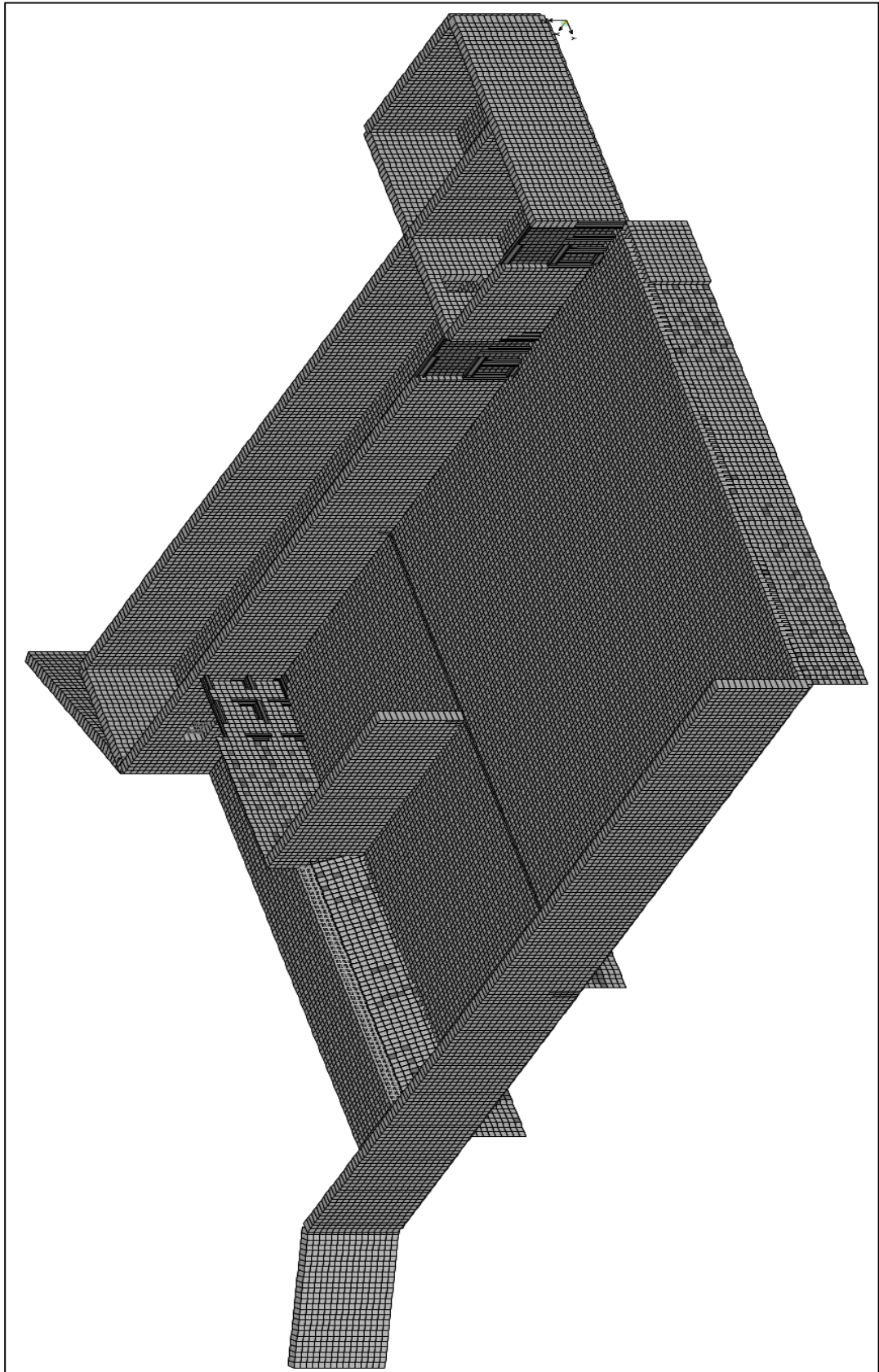


Figura 42: Vista 3-D modelo estructural (C). Fuente: SAP2000. Elaborado por: Luis Aguirre.

5.1.7.2. *Materiales*

Hormigón		
Código ACI 318.10 NEC 2014		
Hormigón armado	Normas	
F'c a los 28 días	240 Kg/cm ²	ASTM C1077
E	2100000 T/m ²	ASTM 192M
G	808500 T/m ²	ASTM C1157
Peso Específico	2.4 T/m ³	ASTM C150

Tabla 71: Material del modelo (Hormigón). Elaborado por: Luis Aguirre.

Acero corrugado		
Código ACI 318.10, NEC 2014		
Acero A615 GR 60		
Acero corrugado	Normas	
Peso/Unidad Volumen	7849 E-03 Kg/cm ³	ASTM A615M
E	2038901.9 Kg/cm ²	ASTM A615M
G	784193 Kg/cm ²	ASTM A615M
Fy	4218 Kg/cm ²	ASTM A615M
Fu	6327 Kg/cm ²	ASTM A615M

Tabla 72: Material del modelo (Acero corrugado). Elaborado por: Luis Aguirre.

Acero estructural		
Código AISC-LRFD-99		
Acero estructural	Normas	
A36		
Fy	2425 Kg/cm ²	ASTM A36
Peso/Unidad Volumen	7849 E-03 Kg/cm ³	ASTM A36
E	2038901.9 Kg/cm ²	ASTM A36
G	784193 Kg/cm ²	ASTM A36
Fy	2425 Kg/cm ²	ASTM A36
Fu	3652 Kg/cm ²	ASTM A36
A36		
Fy	3500 Kg/cm ²	ASTM A572M
Peso/Unidad Volumen	7849 E-03 Kg/cm ³	ASTM A572M
E	2038901.9 Kg/cm ²	ASTM A572M
G	784193 Kg/cm ²	ASTM A572M
Fy	3515 Kg/cm ²	ASTM A572M
Fu	4570 Kg/cm ²	ASTM A572M

Tabla 73: Material del modelo (Acero estructural). Elaborado por: Luis Aguirre.

5.1.7.3. Tablas de resultados.

TABLE: Material Properties 01 - General						
Material	Type	SymType	TempDepend	Color	GUID	Notes
Text	Text	Text	Yes/No	Text	Text	Text
A416Gr270	Tendon	Uniaxial	No	Cyan		ASTM A416 Grade 270 2/8/2018 5:27:27 PM
A572Gr50	Steel	Isotropic	No	Magenta		United States ASTM A572 Grade 50 added 2/8/2018 12:39:36 AM
A615Gr60	Rebar	Uniaxial	No	Yellow		United States ASTM A615 Grade 60 added 2/8/2018 12:40:31 AM
CONC 240	Concrete	Isotropic	No	Green		Customary f'c 4000 psi 2/8/2018 12:35:06 AM

Tabla 74: Propiedades de los materiales 01-General. Fuente: Resultados SAP2000.

TABLE: Material Properties 02 - Basic Mechanical Properties						
Material	UnitWeight	UnitMass	E1	G12	U12	A1
Text	Tonf/m³	Tonf-s2/m⁴	Tonf/m²	Tonf/m²	Unitless	1/C
A416Gr270	7.8490476	0.8003801	20037484			1.17E-05
A572Gr50	7.8490476	0.8003801	20389019	7841930.5	0.3	1.17E-05
A615Gr60	7.8490476	0.8003801	20389019			1.17E-05
CONC 240	2.4027697	0.2450143	2534563.5	1056068.1	0.2	9.9E-06

Tabla 75: Propiedades de los materiales 02-Propiedades mecánicas. Fuente: Resultados SAP2000.

TABLE: Material Properties 03a - Steel Data										
Material	Fy	Fu	EffFy	EffFu	SSCurveOpt	SSHysType	SHard	SMax	SRup	FinalSlope
Text	Tonf/m²	Tonf/m²	Tonf/m²	Tonf/m²	Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
A572Gr50	35153.48	45699.53	38668.83	50269.48	Simple	Kinematic	0.015	0.11	0.17	-0.1

Tabla 76: Propiedades de los materiales 03a-Acero. Fuente: Resultados SAP2000.

TABLE: Material Properties 03b - Concrete Data

Material	Fc	eFc	LtWtConc	SSCurveOpt	SSHysType	SFc	SCap	FinalSlope	FAngle	DAngle
Text	Tonf/m²	Tonf/m²	Yes/No	Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless	Degrees	Degrees
CONC 240	2400	2400	No	Mander	Takeda	0.002219	0.005	-0.1	0	0

Tabla 77: Propiedades de los materiales 03b-Hormigón. Fuente: Resultados SAP2000.

TABLE: Material Properties 03e - Rebar Data

Material	Fy	Fu	EffFy	EffFu	SSCurveOpt	SSHysType	SHard	SCap	FinalSlope	UseCTDef
Text	Tonf/m²	Tonf/m²	Tonf/m²	Tonf/m²	Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless	Yes/No
A615Gr60	42184.18	63276.27	46402.6	69603.89	Simple	Kinematic	0.01	0.09	-0.1	No

Tabla 78: Propiedades de los materiales 03e-Acero de refuerzo. Fuente: Resultados SAP2000.

TABLE: Material Properties 03f - Tendon Data

Material	Fy	Fu	SSCurveOpt	SSHysType	FinalSlope
Text	Tonf/m²	Tonf/m²	Text	Text	Unitless
A416Gr270	172322.37	189828.8	270 ksi	Kinematic	-0.1

Tabla 79: Propiedades de los materiales 03f-Tendon data. Fuente: Resultados SAP2000.

TABLE: Frame Section Properties 01 - General																					
SectionName	Material	Shape	t3	t2	tf	tw	t2b	tfb	Area	TorsConst	I33	I22	I23	AS2	AS3	S33	S22	Z33	Z22	R33	R22
Text	Text	Text	m	m	m	m	m	m	m2	m4	m4	m4	m4	m2	m2	m3	m3	m3	m3	m	m
IPE100	A572Gr50	I/Wide Flange	0.1	0.055	0.0057	0.0041	0.055	0.0057	0.00103	1.16E-08	1.71E-06	1.59E-07	0	0.00041	0.000523	0.000034	5.782E-06	0.000039	9.15E-06	0.040745	0.012425
IPE120	A572Gr50	I/Wide Flange	0.12	0.064	0.0063	0.0044	0.064	0.0063	0.00132	1.69E-08	3.18E-06	2.77E-07	0	0.000528	0.000672	0.000053	8.656E-06	0.000061	0.000014	0.049082	0.014486
IPE140	A572Gr50	I/Wide Flange	0.14	0.073	0.0069	0.0047	0.073	0.0069	0.00164	2.4E-08	5.41E-06	4.49E-07	0	0.000658	0.00084	0.000077	0.000012	0.000088	0.000019	0.057435	0.016546
IPE160	A572Gr50	I/Wide Flange	0.16	0.082	0.0074	0.005	0.082	0.0074	0.00201	3.54E-08	8.69E-06	6.83E-07	0	0.0008	0.001011	0.000109	0.000017	0.000124	0.000026	0.065752	0.018434
UPN100	A572Gr50	Channel	0.1	0.05	0.0085	0.006			0.001346	2.645E-08	2.053E-06	2.929E-07	0	0.0006	0.000708	0.000041	8.478E-06	0.00005	0.000018	0.039055	0.014752
UPN120	A572Gr50	Channel	0.12	0.055	0.009	0.007			0.001698	3.839E-08	3.641E-06	4.314E-07	0	0.00084	0.000825	0.000061	0.000011	0.000075	0.000024	0.046306	0.015939
UPN140	A572Gr50	Channel	0.14	0.06	0.01	0.007			0.002036	5.372E-08	6.044E-06	6.26E-07	0	0.00098	0.001	0.000086	0.000015	0.000105	0.000031	0.054485	0.017535
UPN160	A572Gr50	Channel	0.16	0.065	0.0105	0.0075			0.002402	6.971E-08	9.246E-06	8.539E-07	0	0.0012	0.001138	0.000116	0.000018	0.000141	0.000039	0.062043	0.018855
var 1"	A615Gr60	Circle	0.0254						0.000507	4.086E-08	2.043E-08	2.043E-08	0	0.000456	0.000456	1.609E-06	1.609E-06	2.731E-06	2.731E-06	0.00635	0.00635
VH 30*60	CONC 240	Rectangular	0.6	0.3					0.18	0.003708	0.0054	0.00135	0	0.15	0.15	0.018	0.009	0.027	0.0135	0.173205	0.086603

Tabla 80: Propiedades de secciones tipo frame 01-General. Fuente: Resultados SAP2000.

TABLE: Frame Section Properties 03 - Concrete Beam								
SectionName	RebarMatL	RebarMatC	TopCover	BotCover	TopLeftArea	TopRghtArea	BotLeftArea	BotRghtArea
Text	Text	Text	m	m	m ²	m ²	m ²	m ²
VH 30*60	A615Gr60	A615Gr60	0.025	0.025	0	0	0	0

Tabla 81: Propiedades de sección tipo frame 03-Viga de hormigón. Fuente: Resultados SAP2000.

TABLE: Area Section Properties							
Section	Material	MatAngle	AreaType	Type	DrillDOF	Thickness	BendThick
Text	Text	Degrees	Text	Text	Yes/No	m	m
BASE20	CONC 240	0	Shell	Shell-Thin	Yes	0.2	0.2
LAMINACOPUERTA12MM	A572Gr50	0	Shell	Shell-Thin	Yes	0.012	0.012
MURO 20	CONC 240	0	Shell	Shell-Thin	Yes	0.2	0.2
MURO45	CONC 240	0	Shell	Shell-Thin	Yes	0.45	0.45

Tabla 82: Propiedad de área de sección. Fuente: Resultados SAP2000.

TABLE: Area Section Property - Time Dependent			
Section	TypeSize	AutoSFSize	UserValSize
Text	Text	Unitless	m
BASE20	Auto	1	
LAMINACOPUERTA12MM	Auto	1	
MURO 20	Auto	1	
MURO45	Auto	1	

Tabla 83: Propiedad de área de sección – dependiente del tiempo. Fuente: Resultados SAP2000.

TABLE: Area Section Property Design Parameters						
Section	RebarMat	RebarOpt	CoverTop1	CoverTop2	CoverBot1	CoverBot2
Text	Text	Text	m	m	m	m
BASE20	A615Gr60	Two Layers	0.025	0.05	0.025	0.025
LAMINACOPUERTA12MM	None	Default				
MURO 20	A615Gr60	Two Layers	0.025	0.05	0.025	0.025
MURO45	A615Gr60	Two Layers	0.025	0.05	0.025	0.025

Tabla 84: Propiedad de área de sección – parámetros de diseño. Fuente: Resultados SAP2000.

TABLE: Auto Seismic - User Coefficient										
LoadPat	Dir	PercentEcc	EccOverride	UserZ	MaxZ	MinZ	C	K	WeightUsed	BaseShear
Text	Text	Unitless	Yes/No	Yes/No	m	m	Unitless	Unitless	Tonf	Tonf
QUAKEX	X	0.05	No	Yes	2.8	0.62	0.294	1	66.4275	19.5297
QUAKEY	Y	0.05	No	Yes	2.8	0.62	0.294	1	66.4275	19.5297

Tabla 85: Auto Seismic. Fuente: Resultados SAP2000.

TABLE: Function - Response Spectrum - Ecuador Norma NEC-SE-DS 2015

Name	Period	Accel	FuncDamp	Zone	Coeff	Fa	Fd	SoilType	FS	I	R
Text	Sec	Unitless	Unitless	Text	Unitless	Unitless	Unitless	Text	Unitless	Unitless	Unitless
EVD	0	0.35712	0.05	0.4	2.48	1.2	1.19	D	1.28	1.5	5
EVD	0.1	0.35712									
EVD	0.2	0.35712									
EVD	0.3	0.35712									
EVD	0.4	0.35712									
EVD	0.5	0.35712									
EVD	0.6	0.35712									
EVD	0.7	0.355692									
EVD	0.8	0.29113									
EVD	0.9	0.243982									
EVD	1	0.208316									
EVD	1.2	0.158471									
EVD	1.5	0.113393									
EVD	1.7	0.093983									
EVD	2	0.073651									
EVD	2.5	0.0527									
EVD	3	0.04009									

EVD	3.5	0.031814
EVD	4	0.026039
EVD	5	0.018632
EVD	8	0.009206
EVD	11	0.00571
EVD	15	0.003586

Tabla 86: Espectro de respuesta - Ecuador Norma NEC-SE-DS 2015. Fuente: Resultados SAP2000.

TABLE: Function - Response Spectrum - User

Name	Period	Accel	FuncDamp
Text	Sec	Unitless	Unitless
UNIFRS	0	1	0.05
UNIFRS	1	1	

Tabla 87: Espectro de respuesta. Fuente: Resultados SAP2000.

TABLE: Mass Source

MassSource	Elements	Masses	Loads	IsDefault	LoadPat	Multiplier
Text	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Text	Unitless
MSSSRC1	No	No	Yes	Yes	DEAD	1

Tabla 88: Mass Source. Fuente: Resultados SAP2000.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios															
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.067276	0.015459	0.021198	0.322852	0.015459	0.021198	0.322852	0.10386	0.341207	0.023811	0.10386	0.341207	0.023811
MODAL	Mode	2	0.062611	0.261393	0.245944	0.07577	0.276852	0.267142	0.398622	0.000022	0.000962	0.327882	0.103881	0.34217	0.351693
MODAL	Mode	3	0.061529	0.00034	0.037588	0.000141	0.277192	0.304729	0.398763	0.12386	0.013824	0.010311	0.227741	0.355994	0.362004
MODAL	Mode	4	0.057757	0.023095	0.03403	0.162566	0.300287	0.338759	0.561329	0.07833	0.381806	0.012553	0.306071	0.7378	0.374557
MODAL	Mode	5	0.05481	0.00871	0.020928	0.003256	0.308997	0.359687	0.564584	0.000205	0.031005	3.693E-06	0.306277	0.768805	0.374561
MODAL	Mode	6	0.051813	0.004145	0.000582	0.113757	0.313142	0.36027	0.678342	0.318899	0.005217	0.000574	0.625175	0.774022	0.375135
MODAL	Mode	7	0.043736	0.017962	0.055255	0.051435	0.331104	0.415525	0.729776	0.017485	0.004723	0.005036	0.64266	0.778745	0.380171
MODAL	Mode	8	0.042996	0.124684	0.033609	0.002716	0.455788	0.449134	0.732493	0.005535	0.001883	0.000418	0.648196	0.780628	0.380589
MODAL	Mode	9	0.042146	0.008898	0.000129	0.074369	0.464686	0.449263	0.806861	0.001033	0.011999	0.000016	0.649229	0.792627	0.380604
MODAL	Mode	10	0.040271	0.164762	0.111633	0.001948	0.629449	0.560896	0.808809	0.000687	0.00008	0.000368	0.649916	0.792707	0.380972
MODAL	Mode	11	0.040163	0.101592	0.133544	0.000573	0.731041	0.69444	0.809382	0.000141	0.000369	0.01682	0.650057	0.793076	0.397792
MODAL	Mode	12	0.038393	0.002087	0.002891	0.00012	0.733128	0.697331	0.809503	0.118445	1.348E-06	0.00233	0.768502	0.793077	0.400122

Tabla 89: Modal participating mass ratios. Fuente: Resultados SAP2000.

TABLE: Modal Load Participation Ratios					
OutputCase	Item	Static	Dynamic		
Text	Text	Percent	Percent		
MODAL	Acceleration	UX	87.6231	73.3128	
MODAL	Acceleration	UY	88.3562	69.7331	
MODAL	Acceleration	UZ	95.414	80.9503	

Tabla 90: Modal load participation ratios. Fuente: Resultados SAP2000.

TABLE: Base Reactions									
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ	
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	
DEAD	LinStatic		-149.8415	-3.4238	255.9786	2206.115	-2243.219	1422.11374	
LIVE1	LinStatic		28.075	-10.5566	264.7504	2173.44047	-2090.8771	-339.1217	
LIVE2	LinStatic		-3.7536	-0.7106	-0.0193	-0.06488	-4.27608	7.09476	
LIVE3	LinStatic		8.2518	-0.0918	1.518E-10	0.06295	7.68311	-28.09259	
QUAKEX	LinStatic		-19.5297	-1.88E-10	-7.518E-10	-9.654E-09	-27.89338	140.0329	
QUAKEY	LinStatic		-2.654E-10	-19.5297	-1.68E-10	27.89338	1.199E-09	-194.38086	
dinamico	LinRespSpec	Max	224.5897	191.381	43.5533	349.82879	418.68691	3019.58076	
D+L	Combination		-117.2683	-14.7828	520.7097	4379.55354	-4330.6891	1061.99421	

Tabla 91: Base reaction. Fuente: Resultados SAP2000

TABLE: Combination Definitions

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign	ConcDesign
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless	Text	Text
DCON1	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.4	None	Strength
DCON2	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.2	None	Strength
DCON2			Linear Static	LIVE1	1.6		
DCON2			Linear Static	LIVE2	1.6		
DCON2			Linear Static	LIVE3	1.6		
DCON3	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.3	None	Strength
DCON3			Linear Static	LIVE1	1		
DCON3			Linear Static	LIVE2	1		
DCON3			Linear Static	LIVE3	1		
DCON3			Linear Static	QUAKEX	1		
DCON4	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.3	None	Strength
DCON4			Linear Static	LIVE1	1		
DCON4			Linear Static	LIVE2	1		
DCON4			Linear Static	LIVE3	1		
DCON4			Linear Static	QUAKEX	-1		
DCON5	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.3	None	Strength
DCON5			Linear Static	LIVE1	1		

DCON5			Linear Static	LIVE2	1		
DCON5			Linear Static	LIVE3	1		
DCON5			Linear Static	QUAKEY	1		
DCON6	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.3	None	Strength
DCON6			Linear Static	LIVE1	1		
DCON6			Linear Static	LIVE2	1		
DCON6			Linear Static	LIVE3	1		
DCON6			Linear Static	QUAKEY	-1		
DCON7	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	0.8	None	Strength
DCON7			Linear Static	QUAKEX	1		
DCON8	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	0.8	None	Strength
DCON8			Linear Static	QUAKEX	-1		
DCON9	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	0.8	None	Strength
DCON9			Linear Static	QUAKEY	1		
DCON10	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	0.8	None	Strength
DCON10			Linear Static	QUAKEY	-1		
DCON11	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.3	None	Strength
DCON11			Linear Static	LIVE1	1		
DCON11			Linear Static	LIVE2	1		
DCON11			Linear Static	LIVE3	1		
DCON11			Response Spectrum	dinamico	1		

DCON12	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	0.8	None	Strength
DCON12			Response Spectrum	dinamico	1		
DSTL1	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.4	Strength	None
DSTL2	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.2	Strength	None
DSTL2			Linear Static	LIVE1	1.6		
DSTL2			Linear Static	LIVE2	1.6		
DSTL2			Linear Static	LIVE3	1.6		
DSTL3	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.3	Strength	None
DSTL3			Linear Static	LIVE1	1		
DSTL3			Linear Static	LIVE2	1		
DSTL3			Linear Static	LIVE3	1		
DSTL3			Linear Static	QUAKEX	1		
DSTL4	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.3	Strength	None
DSTL4			Linear Static	LIVE1	1		
DSTL4			Linear Static	LIVE2	1		
DSTL4			Linear Static	LIVE3	1		
DSTL4			Linear Static	QUAKEX	-1		
DSTL5	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.3	Strength	None
DSTL5			Linear Static	LIVE1	1		
DSTL5			Linear Static	LIVE2	1		
DSTL5			Linear Static	LIVE3	1		

DSTL5			Linear Static	QUAKEY	1		
DSTL6	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.3	Strength	None
DSTL6			Linear Static	LIVE1	1		
DSTL6			Linear Static	LIVE2	1		
DSTL6			Linear Static	LIVE3	1		
DSTL6			Linear Static	QUAKEY	-1		
DSTL7	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	0.8	Strength	None
DSTL7			Linear Static	QUAKEX	1		
DSTL8	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	0.8	Strength	None
DSTL8			Linear Static	QUAKEX	-1		
DSTL9	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	0.8	Strength	None
DSTL9			Linear Static	QUAKEY	1		
DSTL10	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	0.8	Strength	None
DSTL10			Linear Static	QUAKEY	-1		
DSTL11	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1.3	Strength	None
DSTL11			Linear Static	LIVE1	1		
DSTL11			Linear Static	LIVE2	1		
DSTL11			Linear Static	LIVE3	1		
DSTL11			Response Spectrum	dinamico	1		
DSTL12	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	0.8	Strength	None
DSTL12			Response Spectrum	dinamico	1		

DSTL13	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1	Deflection	None
DSTL14	Linear Add	Yes	Linear Static	DEAD	1	Deflection	None
DSTL14			Linear Static	LIVE1	1		
DSTL14			Linear Static	LIVE2	1		
DSTL14			Linear Static	LIVE3	1		
D+L	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1	None	None
D+L			Linear Static	LIVE1	1		
D+L			Linear Static	LIVE2	1		
D+L			Linear Static	LIVE3	1		

Tabla 92: Combination definitions. Fuente: Resultados SAP2000.

5.1.7.4. Resultados del modelo estructural

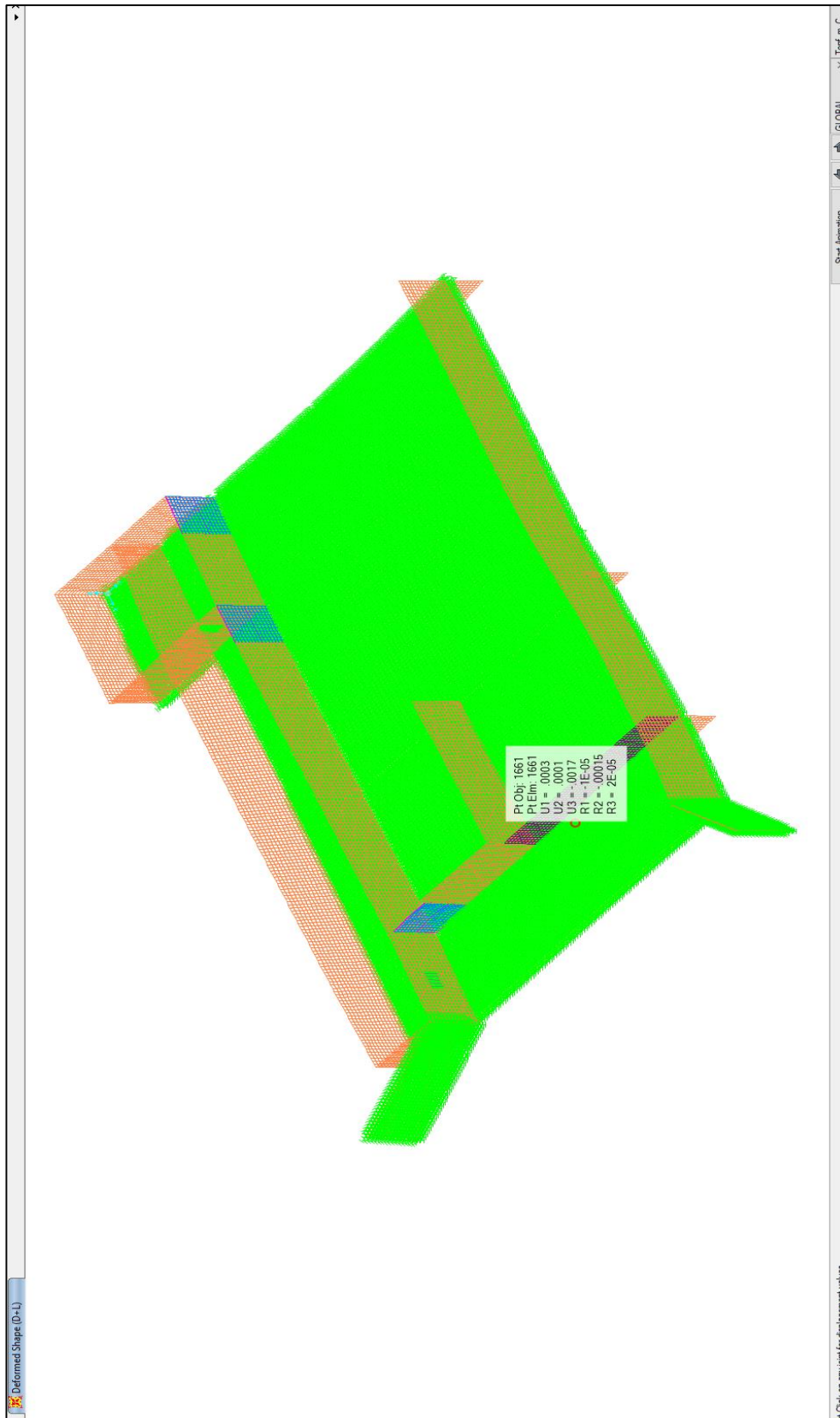


Figura 43: Deformación (D+L). Fuente: Modelo SAP2000. Elaborado por: Luis Aguirre.

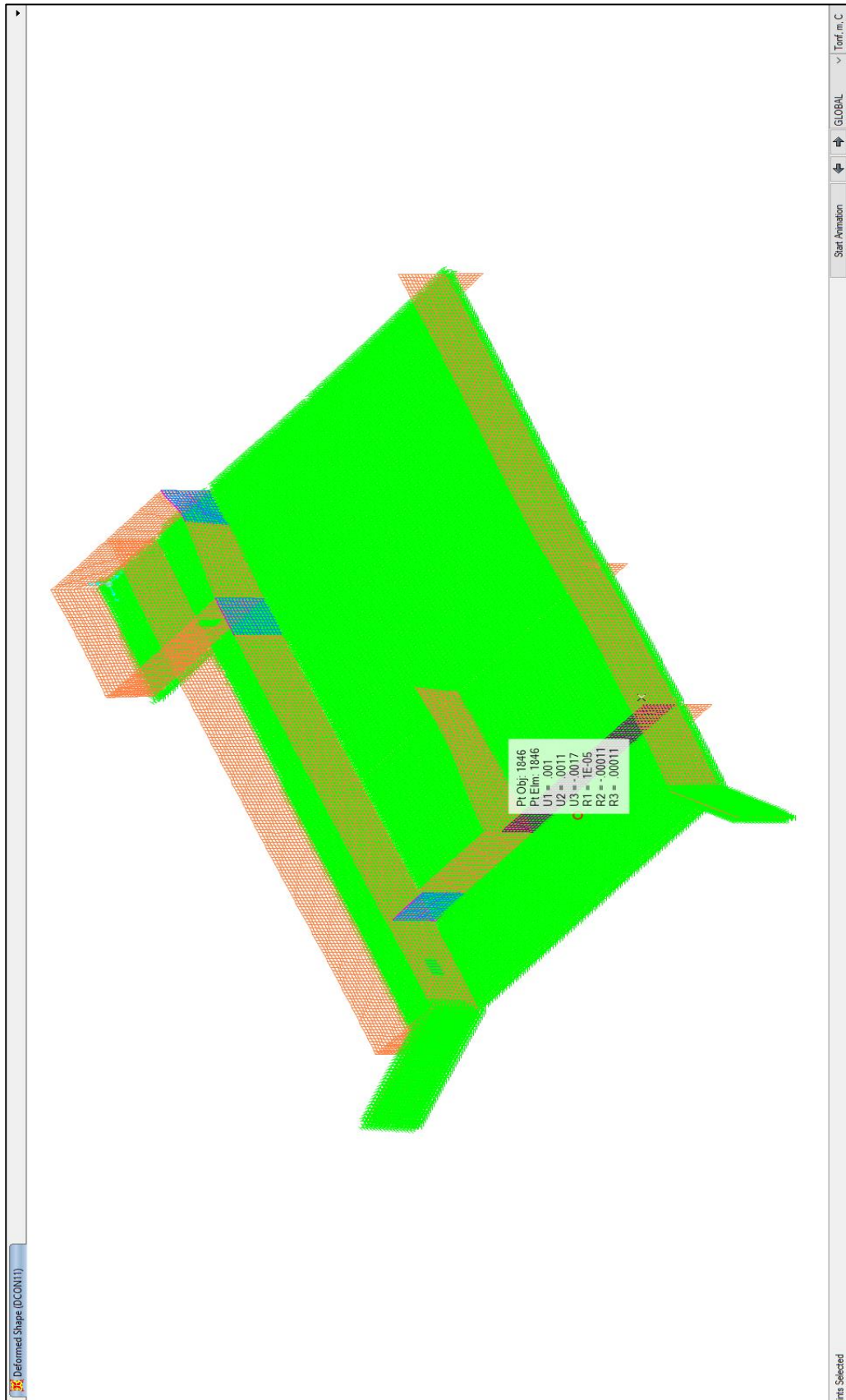


Figura 44: Deformación (DCON11). Fuente: Modelo SAP2000. Elaborado por: Luis Aguirre.



Figura 45: Cortante máximo (D+L). Fuente: Modelo SAP2000. Elaborado por: Luis Aguirre.



Figura 46: Cortante máximo (DCON10). Fuente: Modelo SAP2000. Elaborado por: Luis Aguirre.

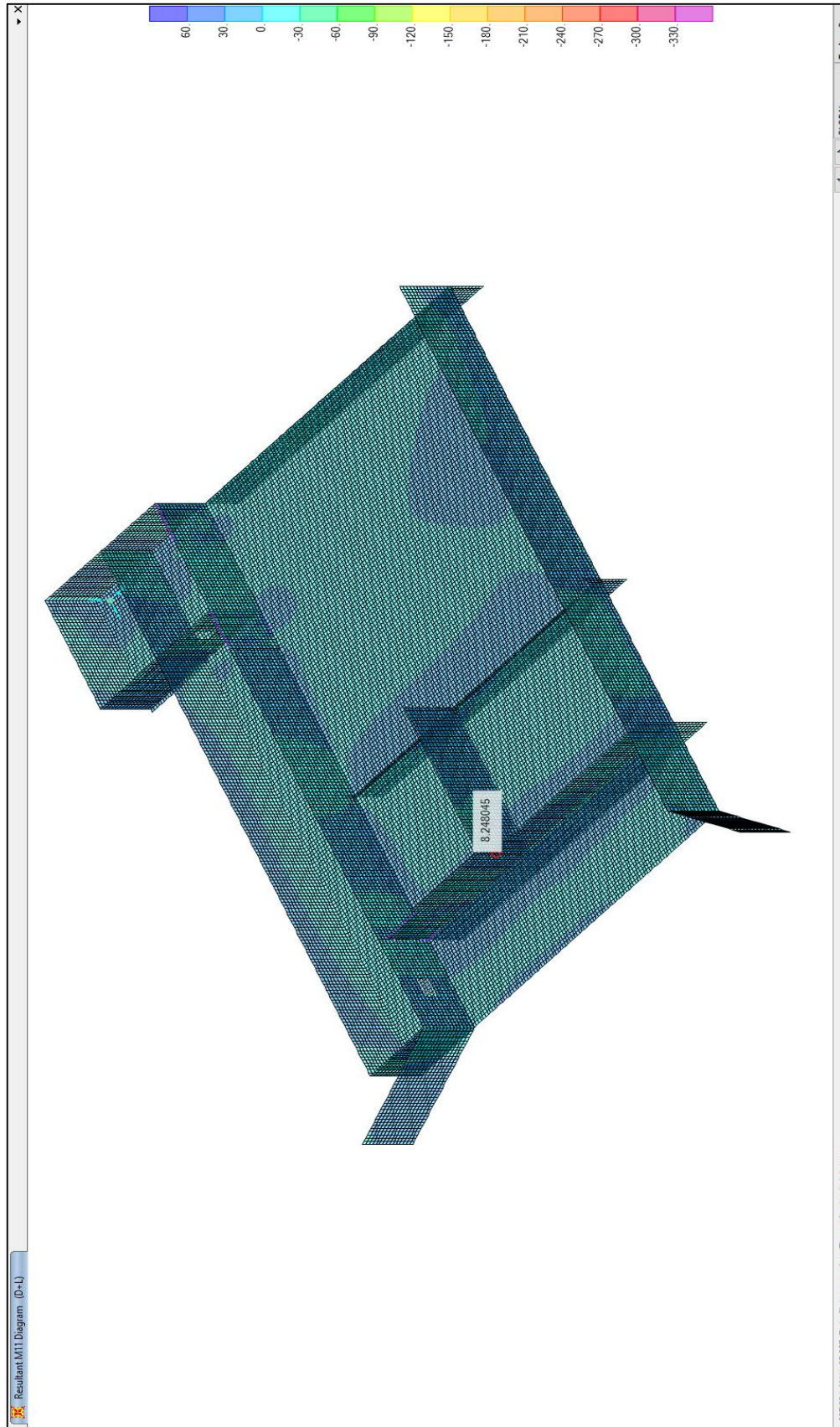


Figura 47: Momento 1-1 (D+L). Fuente: Modelo SAP2000. Elaborado por: Luis Aguirre.

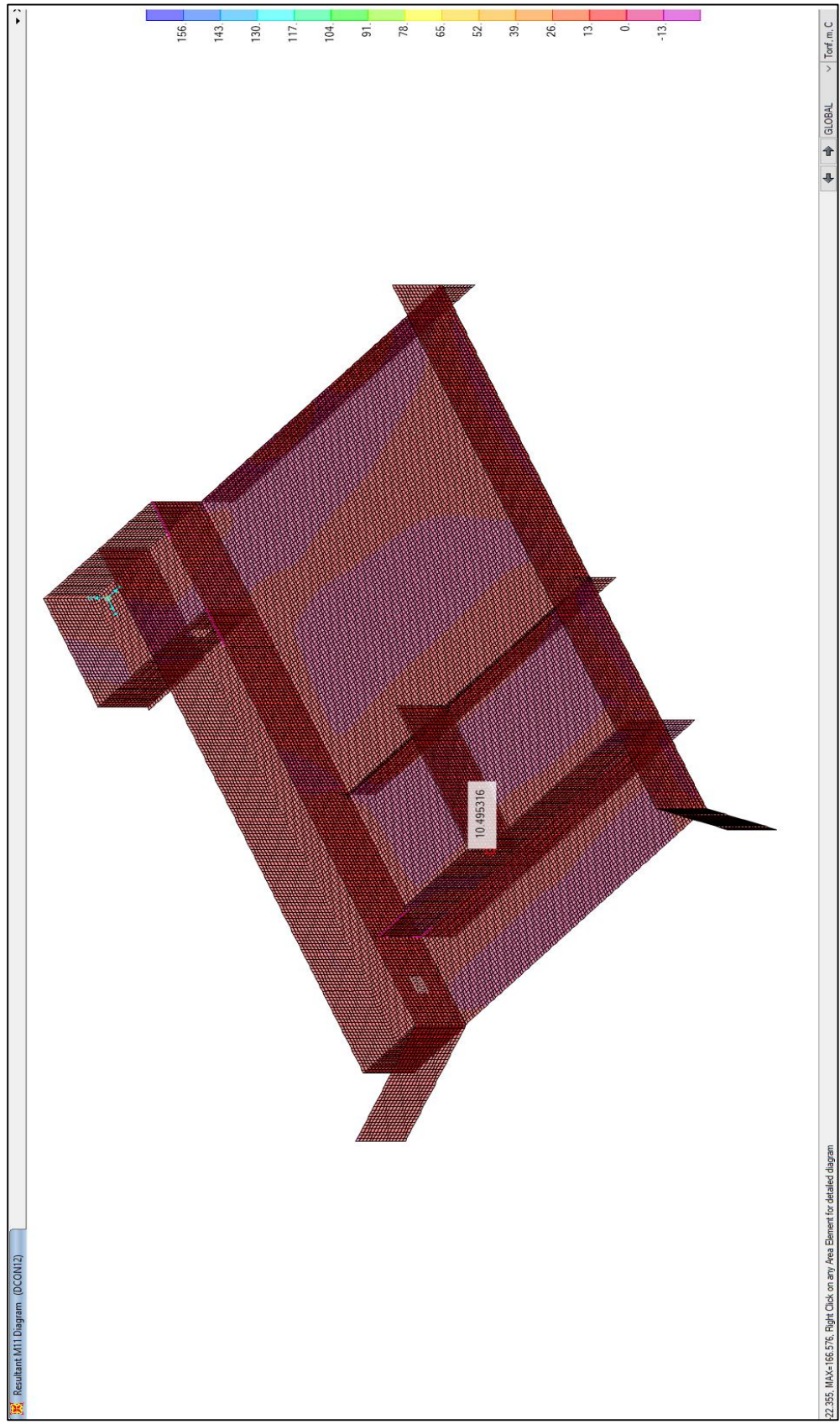


Figura 48: Momento 1-1 (DCON12). Fuente: Modelo SAP2000. Elaborado por: Luis Aguirre.

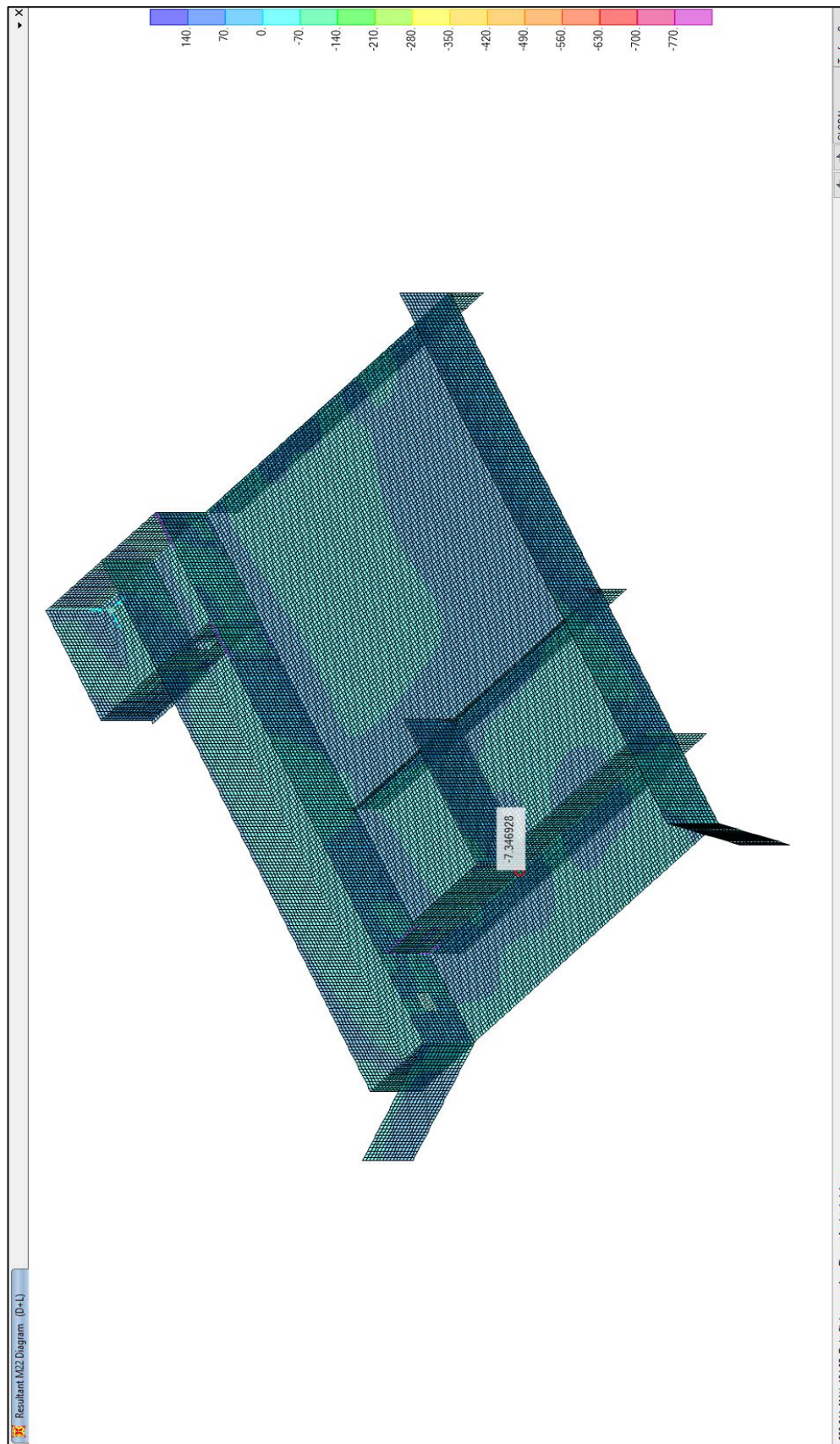


Figura 49: Momento 2-2 (D+L). Fuente: Modelo SAP2000. Elaborado por: Luis Aguirre.



Figura 50: Momento 2-2 (DCON11). Fuente: Modelo SAP2000. Elaborado por: Luis Aguirre.

CAPÍTULO VI – PLANOS, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PRESUPUESTO

6.1. Planos de diseño hidráulico

El trazado de los planos hidráulicos se realiza mediante las dimensiones calculadas en el CAPÍTULO IV. Los planos hidráulicos mostrados en el anexo f son:

- Plano H-1/5.
 - Implantación general.
- Plano H-2/5.
 - Implantación general.
 - Encauzamiento del río.
- Plano H-3/5.
 - Vista en planta de la estructura.
- Plano H-4/5.
 - Cortes longitudinales de la estructura.
- Plano H-5/5.
 - Cortes transversales de la estructura.

6.2. Planos de diseño estructural

El trazado de los planos estructurales se realiza en base de los planos hidráulico y a los datos que el programa estructural nos brinda mediante la modelación de la estructura. Los planos estructurales mostrados en el anexo g son:

- Plano E-1/4.
 - Implantación general.
- Plano E-2/4.
 - Vista en planta.
 - Vigas dentellón.
 - Corte longitudinal 1-1.
 - Corte longitudinal 2-2.
 - Muro tipo 1.
- Plano E-3/4.
 - Corte longitudinal 3-3.
 - Corte longitudinal 4-4.

- Corte longitudinal 5-5.
- Corte longitudinal 6-6.
- Detalles.
- Plano E-4/4.
 - Armado de hierros en planta.
 - Detalles.

6.3.Especificaciones técnicas

6.3.1. Hormigón armado

En los respectivos planos se presentan los diseños correspondientes, las características sísmo resistentes de la estructura se garantizarán mediante la adecuada construcción de acuerdo con lo especificado en este capítulo y de acuerdo con los planos.

Se deberán seguir normas y recomendaciones del Código Ecuatoriano de la Construcción NEC 2014 y el Instituto Ecuatoriano de Normalización, al mismo tiempo se deberán tomar en cuenta normas y procedimientos de American Concrete Institute (ACI 318-89) o las del American Society for Testing and Materials (ASTM) (Ponguillo, 2018).

6.3.1.1. Composición del hormigón

El hormigón deberá estar compuesto de cemento Portland, agregados finos, agregados gruesos y agua, el hormigón deberá ser trabajable y para lograrlo los componentes deberán estar en proporciones de acuerdo con el diseño de dosificaciones.

Se podrá añadirle aditivos al hormigón siempre y cuando la Dirección Técnica lo apruebe y cumplan con la norma ASTM C 494. Los aditivos que se le podrían añadir son: reductores de aire, aceleradores de fraguado. (Ponguillo, 2018)

Los hormigones deberán ser realizados por personal calificado y de acuerdo a las siguientes especificaciones:

- Tamaño máximo de agregado grueso.

Tamaño máximo del agregado grueso		
Elemento estructural	Tamaño máx.	
	cm	plg
Cimentaciones y columnas	5.08	2
Muros, vigas y nervaduras de losas	3.81	1.5
Faldones	1.91	0.75

Tabla 93: Tamaño máximo del agregado grueso. Fuente: Ponguillo, 2018.

- El asentamiento mínimo del hormigón deberá estar entre 2 y 3 pulgadas y nunca debe exceder de 5 pulgadas.
- En caso de usar aditivos el constructor deberá presentar a la Dirección Técnica pruebas de que dichas sustancias no afectan a la resistencia futura del hormigón.

6.3.1.2. *Materiales para hormigón*

Los materiales que se utilizarán deberán ser de una misma mina si es posible para garantizar propiedades constantes del hormigón. En el caso de utilizar hormigón premezclado se lo realizará con la aprobación de la Dirección Técnica asegurándose que cumpla con los requisitos de control de calidad impuestos por el INEN.

6.3.1.2.1. *Cemento*

Según Ponguillo (2018): “El cemento que deberá usarse es el Portland Tipo I, cuyas características se controlan con la norma INEN 152. También se podrá usar el Portland IE cuyas características son controladas con la norma INEN 1548” (párr.12).

El almacenamiento del cemento deberá ser en bodegas adecuadas y apilados con un máximo de 6 sacos por pila.

6.3.1.2.2. *Agregado grueso*

La Dirección Técnica deberá aprobar el agregado grueso con ayuda de análisis de laboratorios y mediante la norma ASTM C33.

Gradación del agregado grueso en porcentaje pasando por peso			
Tamiz (mm)	Tamaño Máximo (5.08cm)	Tamaño Máximo (3.81cm)	Tamaño Máximo (1.91cm)
63	100		
50	-5	100	
38.1	-	-5	
25	-35	-	100
19	-	-35	-10
12.5	-20	-	-
9.5	-	-20	-35
4.75	-5	5-5	-10
2.36	-	-	0-5

Tabla 94: Gradación del agregado grueso en porcentaje pasando por peso. Fuente: Ponguillo, 2018.

El agregado grueso debe ser de piedra de cantera, triturado mecánicamente, con características que cumplan las normas del INEN y la granulometría del diseño. Además, el agregado debe estar completamente limpio, libre de impurezas y saturado para su uso.

6.3.1.2.3. Agregado fino

Al igual que el agregado grueso el agregado fino deberá ser aprobado por la Dirección Técnica mediante análisis de laboratorios especializados y siguiendo la norma INEN 154.

Gradación del agregado fino en porcentaje pasando por peso	
Tamiz (mm)	Porcentaje que pasa
4.75	95-100
2.36	-20
1.18	50-85
N.30	-35
N.100	2-10

Tabla 95: Gradación del agregado fino en porcentaje pasando por peso. Fuente: Ponguillo, 2018.

El agregado fino debe estar limpio, del tamaño y granulometría adecuados, no se debe utilizar arena de mar en ninguna forma.

6.3.1.2.4. Agua

El agua que se podrá utilizar será agua potable, sin residuos de aceite, ácidos, sales, materiales orgánicos u otras sustancias perjudiciales.

6.3.1.2.5. Acero de refuerzo

Para el acero de refuerzo se utilizan varillas corrugadas de construcción, las cuales deberán estar regidas por la norma INEN 102, estas varillas deberán tener un límite de fluencia $F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$.

Las varillas tendrán las dimensiones indicadas en los planos. Cuando se necesite realizar traslapes, estos tendrán una longitud mínima de 40 veces el diámetro de la varilla, o lo que se indique en los planos, se debe tener en cuenta que los traslapes no se deben realizar en las zonas de máximo momento flector (Ponguillo, 2018).

Las varillas no deben tener ningún recubrimiento que pueda reducir o destruir la adherencia con el hormigón, el doblado de varillas para formar las armaduras deberá ser doblados en frío, una vez realizadas las armaduras estas deberán ser aseguradas firmemente en las posiciones correspondientes de acuerdo con los planos y deberán ser capaces de resistir los efectos del vibrado del hormigón.

6.3.1.3. *Condiciones previas a la colocación del hormigón*

6.3.1.3.1. Cimentaciones

Es responsabilidad del constructor conocer acerca del estudio de suelo y observar las recomendaciones del mismo.

Todas las excavaciones que se realicen deber hacerse hasta los niveles recomendados siempre tomando en cuenta la estabilidad de las paredes de excavación, estas excavaciones deben realizarse bajo el control de la Dirección Técnica y con el asesoramiento del ingeniero de suelos se verificara las condiciones del suelo previo la colocación del hormigón.

Previa la colocación del hormigón estructural se deberá limpiar el área, se nivelará el suelo con nuevo material de relleno, se lo compactar técnicamente y se fundirá un replantillo de 10 cm de espesor con un hormigón pobre directamente sobre el suelo de cimentación (Ponguillo, 2018).

Se especifica en especial que para este proyecto los recubrimientos mínimos serán de tres cm (3 cm) lateralmente y de diez cm (10 cm) en la base.

6.3.1.3.2. Encofrados

De acuerdo a Ponguillo (2018): “Los encofrados deberán ser suficientemente resistentes para satisfacer el peso del hormigón y los esfuerzos ocasionados durante la construcción. El constructor deberá considerar siempre que los encofrados deben ser hechos con la máxima prolijidad debido a que son elementos ornamentales” (párr.39).

Para los encofrados de muros se debe prestar atención al sistema de apuntalamiento a fin de evitar desplomes e hinchamientos que afecten el aspecto estético del muro.

6.3.1.3.3. Control de recubrimiento de las armaduras

Previo la colocación del hormigón se deberá comprobar la existencia del recubrimiento especificado entre las armaduras y los encofrados, para esto se recomienda el empleo de pastillas de hormigón simple de espesor igual al recubrimiento especificado previamente.

6.3.1.4. Juntas de construcción

Las juntas de construcción que no se especifican en los planos deberán ser hechas y ubicadas de tal manera que no se disminuya la resistencia estructural. Las juntas de las columnas se ubicarán debajo de las losas y vigas y sobre los plintos y vigas de cimentación. En las cimentaciones las juntas se deben diseñar especialmente debido a la presencia de nivel freático y subpresión.

En losas y vigas se dejarán juntas ubicadas a un tercio de la luz solo cuando el proceso constructivo obligue a suspender o cortar la función de tales elementos. Las juntas son perpendiculares al refuerzo principal, el refuerzo debe ser continuo y no se permite traslapes en una junta.

6.3.1.5. Desencofrado

Los encofrados laterales se podrán retirar dos días después de la fundición mientras que los encofrados de losas y los horizontales de vigas se deberán retirar a las cuatro semanas de la fundición, se puede retirar estos cuando se logre la resistencia del diseño debido al uso de aditivos, sin embargo, se debe comprobar la resistencia a través de pruebas correspondiente (Ponguillo, 2018).

Se deberá tomar en cuenta que al desencofrar el hormigón vaya recibiendo la carga progresivamente y uniformemente.

6.3.1.6. Curado del Hormigón

El curado del hormigón sin encofrado inicia 12 horas después de la fundición mientras que el proceso de hidratación del cemento tenga lugar, 7 a 15 días, el curado de las partes con encofrado empieza inmediatamente después del desencofrado.

6.3.2. Acero estructural

Se deberán seguir normas y recomendaciones del Código Ecuatoriano de la Construcción y el Instituto Ecuatoriano de Normalización, al mismo tiempo se deberán tomar en cuenta normas y procedimientos del American Institute of Steel Construction (AISC 2006) o las del American Society for Testing and Materials (ASTM) (Ponguillo, 2018).

6.3.2.1. Composición del acero

Se utilizará en este proyecto es el acero estructural A36, el cual deberá responder a las siguientes características mínimas.

- Acero al carbono, al natural, no galvanizado ni inoxidable
- Propiedades del A36

Acero A36			
Propiedades	Valor	Unidades	Norma a cumplir
Fy	2460	Kg/cm ²	ASTM A36M
Peso Unidad	7849 E-03	Kg/cm ³	ASTM A36M
E	2038901.9	Kg/cm ²	ASTM A36M
G	784193	Kg/cm ²	ASTM A36M
Fy	2531	Kg/cm ²	ASTM A36M
Fu	4077	Kg/cm ²	ASTM A36M

Tabla 96: Acero A36. Fuente: Ponguillo, 2018.

6.3.2.2. Manipulación de acero

Para cualquier proceso, sea corte, empernamiento o soldadura, las piezas iniciales y finales deberán cumplir:

- Límite máximo de contracción o alargamiento. 1/36”.
- Holguras de dimensiones de piezas longitudinales. 1/36” a cada lado.
- Holguras de dimensiones de piezas transversales. 1/36” total
- Holguras de espesores de piezas. Ninguna
- Alabamientos, torceduras. Ninguna
- Rayaduras longitudinales. Ninguna
- Rayaduras transversales. Ninguna
- Punzonamientos Ninguna

Los procesos de recubrimiento pueden ser realizados con cualquier método manual o mecánico.

6.3.3. Desviación del río

Para la desviación de las aguas del río, se procederá a realizar una excavación de una zanja en el extremo de la margen derecha del río, a lo largo de toda la futura plataforma de la obra de captación. Esta excavación sin clasificar consistirá en la remoción de todos los materiales que se encuentren en esta franja, cualquiera que sea su origen o naturaleza, hasta completar una sección aproximada de 1 m². Posteriormente y para conducir el agua del río de manera que no afecte al elemento estructural de la plataforma citada, se revestirá la zanja con hormigón de 180 kg/cm², de tal forma que funcione como una ataguía.

Una vez se encuentre listo el canal revestido, se iniciará la excavación de la zanja que conducirá las aguas del río por el canal revestido; de la misma forma se construirá una zanja que conducirá las aguas por este canal hacia el cauce natural del río y así evitar socavamientos del suelo natural que soportará a la plataforma de la obra.

Estas zanjas, una vez que esté construido todo el proyecto serán removidas y se procederá a darle una nivelación adecuada para que el agua del río fluya normalmente.

La medición de estas excavaciones y rellenos se las hará en m^3 y el revestimiento de la ataguía con hormigón de 180 kg/cm^2 será cuantificado en m^3 .

La limpieza de derrumbos que se presenten será cuantificada en m^3 .

6.4. Análisis de precios unitarios

El análisis de precios unitario que se realiza para obtener el presupuesto del proyecto se lo encuentra en el anexo h.

6.5. Cuantificación de volúmenes de obra

6.5.1. Trabajos preliminares

6.5.1.1. *Excavación a mano (suelo en riberas del río)*

$$A = 3m * 5m * 2$$

$$A = 30m^2$$

6.5.1.2. *Replanteo y nivelación con equipo topográfico*

$$A = 330m^2$$

6.5.1.3. *Bodega de madera y cubierta metálica (15 m^2)*

$$1 \text{ unidad}$$

6.5.2. Excavaciones y rellenos

6.5.2.1. *Excavación y relleno a mano para nivelación de la plataforma para la estructura de captación*

$$V = A_{\text{plataforma}} * e$$

$$V = 215.38m^2 * 0.15$$

$$V = 32.31m^3$$

6.5.2.2. *Excavación en roca para anclajes de muros de ala*

$$V = \frac{B_{\text{muro de ala der}}}{2} * H_{\text{muro de ala der}} * e + \frac{B_{\text{muro de ala izq}}}{2} * H_{\text{muro de ala der}} * e$$

$$V = \frac{3.50m}{2} * 1.45m * 0.2m + \frac{3.50m}{2} * 1.45m * 0.2m$$

$$V = 1.015m^3$$

$$V = 1.015m^3 + 20\%$$

$$V = 1.22m^3$$

6.5.3. *Estructura*

6.5.3.1. *Hormigón de nivelación $f'c=180kg/cm^2$ para contrapiso*

$$V = A_{\text{plataforma}} * e$$

$$V = 215.38m^2 * 0.15$$

$$V = 32.31m^3$$

6.5.3.2. *Hormigón ciclópeo para dentellones*

Se colocará hormigón ciclópeo debajo de los 3 dentellones.

$$A = 0.20m * 0.30m$$

$$A = 0.06m^2$$

$$V = 0.06m^2 * 10.40m$$

$$V = 0.624 m^3$$

$$V = 1.87 m^3$$

6.5.3.3. *Hormigón estructural cemento Portland $f'c=240kg/cm^2$*

Se colocará hormigón $f'c=240kg/cm^2$ en losas, muros azud y dentellones.

6.5.3.3.1. *Losas*

Las losas de la estructura de captación tienen un espesor de 20 cm.

6.5.3.3.1.1. *Losa de entrada*

$$A = 10.20m * 2.80m$$

$$A = 28.56 m^2$$

$$V = 28.56m^2 * 0.20m$$

$$V = 5.712 m^3$$

6.5.3.3.1.2. Losa de zampeado

$$A = 6.40m * 3.36m$$

$$A = 21.504 m^2$$

$$V = 21.504m^2 * 0.20m$$

$$V = 4.301 m^3$$

6.5.3.3.1.3. Losa de azud

$$A = 6.40m * 1.15m$$

$$A = 7.36 m^2$$

$$V = 7.36m^2 * 0.20m$$

$$V = 1.472 m^3$$

6.5.3.3.1.4. Losa de salida

$$A = 10.20m * 9.20m$$

$$A = 93.84m^2$$

$$V = 93.84m^2 * 0.20m$$

$$V = 18.768 m^3$$

6.5.3.3.1.5. Losa de la captación

$$A = 2.20m * 3.40m$$

$$A = 7.48m^2$$

$$V = 7.48m^2 * 0.20m$$

$$V = 1.496 m^3$$

6.5.3.3.1.6. Losa de cámara de válvulas

$$A = 2.40m * 3.40m$$

$$A = 8.16m^2$$

$$V = 8.16m^2 * 0.20m$$

$$V = 1.632 m^3$$

6.5.3.3.1.7. Losa de compuerta de canal de purga

$$A = 3.80m * 0.40m$$

$$A = 1.52 m^2$$

$$V = 1.52m^2 * 0.20m$$

$$V = 0.304 m^3$$

6.5.3.3.1.8. Losa de canal de purga

$$A_{transversal} = 0.832m^2$$

$$V = 0.832m^2 * 3.80m$$

$$V = 3.16 m^3$$

6.5.3.3.1.9. Losa del desripador

$$A_{transversal} = 2.62m^2$$

$$V = 2.62m^2 * 2.40m$$

$$V = 6.288 m^3$$

6.5.3.3.2. Muros

Los muros de la estructura de captación tienen un espesor de 20 cm.

6.5.3.3.2.1. Muros de ala

$$A = 3.50m * 1.45m$$

$$A = 5.075 m^2$$

$$V = 5.075m^2 * 0.20m$$

$$V = 1.015 m^3$$

$$V = 2.03 m^3$$

6.5.3.3.2.2. Muro lateral derecho

$$A_1 = 2.80m * 1.45m$$

$$A_2 = 13.7m * 1.65m$$

$$A_1 = 4.06 m^2$$

$$A_2 = 22.605m^2$$

$$A_T = 26.665 m^2$$

$$V = 26.665m^2 * 0.20m$$

$$V = 5.333 m^3$$

6.5.3.3.2.3. Muro del zampeado

$$A = 4.51m * 1.65m$$

$$A = 7.442 m^2$$

$$V = 7.442m^2 * 0.20m$$

$$V = 1.488 m^3$$

6.5.3.3.2.4. Muro del canal de purga

$$A = 2.50m * 1.45m$$

$$A = 3.625m^2$$

$$V = 3.625m^2 * 0.20m$$

$$V = 0.725 m^3$$

6.5.3.3.2.5. Muro de atrás del desripiador

$$A = 2m * 1.45m$$

$$A = 2.90m^2$$

$$V = 2.90m^2 * 0.20m$$

$$V = 0.58 m^3$$

6.5.3.3.2.6. Muro del vertedero

$$A = (2.50m * 1.46m) - (0.30m * 0.86m)$$

$$A = 2.662m^2$$

$$V = 2.661m^2 * 0.20m$$

$$V = 0.532 m^3$$

6.5.3.3.2.7. Muro captación y cámara de válvulas

$$A = 4.60m * 1.46m$$

$$A = 6.716m^2$$

$$V = 6.716m^2 * 0.20m$$

$$V = 1.343 m^3$$

6.5.3.3.2.8. Muro derecho captación

$$A = 1.90m * 1.46m$$

$$A = 2.774m^2$$

$$V = 2.774m^2 * 0.20m$$

$$V = 0.555 m^3$$

6.5.3.3.2.9. Muro derecho cámara de válvulas

$$A = 3.20m * 1.46m$$

$$A = 4.672m^2$$

$$V = 4.672m^2 * 0.20m$$

$$V = 0.934 m^3$$

6.5.3.3.2.10. Muro izquierdo cámara de válvulas

$$A = 3.20m * 1.46m$$

$$A = 4.672m^2$$

$$V = 4.672m^2 * 0.20m$$

$$V = 0.934 m^3$$

6.5.3.3.2.11. Muro de atrás de la cámara de válvulas

$$A = 2m * 1.46m$$

$$A = 2.92m^2$$

$$V = 2.92m^2 * 0.20m$$

$$V = 0.584 m^3$$

6.5.3.3.2.12. Muro de rejilla

$$A_{transversal} = 16.928m^2$$

$$V = 16.928m^2 * 0.20m$$

$$V = 3.3856 m^3$$

6.5.3.3.2.13. Muro desripador

$$A_{transversal} = 19.066m^2$$

$$V = 19.066m^2 * 0.20m$$

$$V = 3.813m^3$$

6.5.3.3.3. Azud

$$A_{transversal} = 0.71m^2$$

$$V = 0.71m^2 * 6m$$

$$V = 4.26 m^3$$

6.5.3.3.4. Dentellones

6.5.3.3.4.1. Dentellón del azud

$$A = 0.20m * 0.80m$$

$$A = 0.16m^2$$

$$V = 0.16m^2 * 10.40m$$

$$V = 1.664 m^3$$

6.5.3.3.4.2. Dentellón del pie del azud

$$A = 0.20m * 0.60m$$

$$A = 0.12m^2$$

$$V = 0.12m^2 * 10.40m$$

$$V = 1.248 m^3$$

6.5.3.3.4.3. Dentellón de zampeado

$$A = 0.20m * 0.80m$$

$$A = 0.16m^2$$

$$V = 0.16m^2 * 10.40m$$

$$V = 1.664 m^3$$

La cantidad de hormigón que se utilizara en la estructura de captación es de 73.34m³.

6.5.3.4. *Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm² (12 mm) incluye alambre galvanizado #18*

La cantidad de acero de refuerzo que se necesita para el desarrollo de este proyecto es de 11 540.42 kg, la cantidad se especifica en la panilla de varillas en el anexo g.

6.5.3.5. *Malla electrosoldada (15x15x6mm)*

Se colocará malla electrosoldada en todas las losas de la estructura, el área de las losas es de **194.20 m²**.

6.5.3.6. *Escollera de piedra suelta (pedraplén)*

La escollera de piedra suelta en la mitad de los muros de ala que no está anclada.

$$V = \frac{B_{muro\ de\ ala\ der}}{2} * 1m * 1m + \frac{B_{muro\ de\ ala\ izq}}{2} * 1m * 1m$$

$$V = \frac{3.50m}{2} * 1m * 1m + \frac{3.50m}{2} * 1m * 1m$$

$$V = 3.50 m^3$$

6.5.4. *Albañilería*

6.5.4.1. *Masillado e impermeabilizante, e = 3cm, mortero 1:3*

$$A = (Perimetro_{Azud} + 2m) * B_{azud}$$

$$A = (2.86m + 2m) * 6m$$

$$A = 29.16m^2$$

6.5.5. Aparatos hidráulicos

6.5.5.1. *Suministro, fabricación y montaje de Acero estructural A-572 para marco de compuertas, láminas de compuertas, columneta de soporte, placa de anclaje y viga de soporte*

La cantidad de acero A-572 que se necesita para este proyecto es de 4 353.13 kg, la cantidad se especifica en la planilla de aceros A-572 en el anexo g.

6.5.5.2. *Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ (25 mm), para la rejilla*

$$L_{\text{varillas}} = 0.40 * 4 = 1.60 \text{ m}$$

$$\text{Peso} = 1.60\text{m} * 3.853 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso} = 6.17 \text{ kg}$$

6.5.5.3. *Válvula para tubería de 160mm*

1 unidad

6.5.5.4. *Tubería de PVC 160mm*

$$L_{\text{Tubería}} = 250 \text{ m}$$

6.5.6. Desviación del caudal

6.5.6.1. Excavación con maquinaria

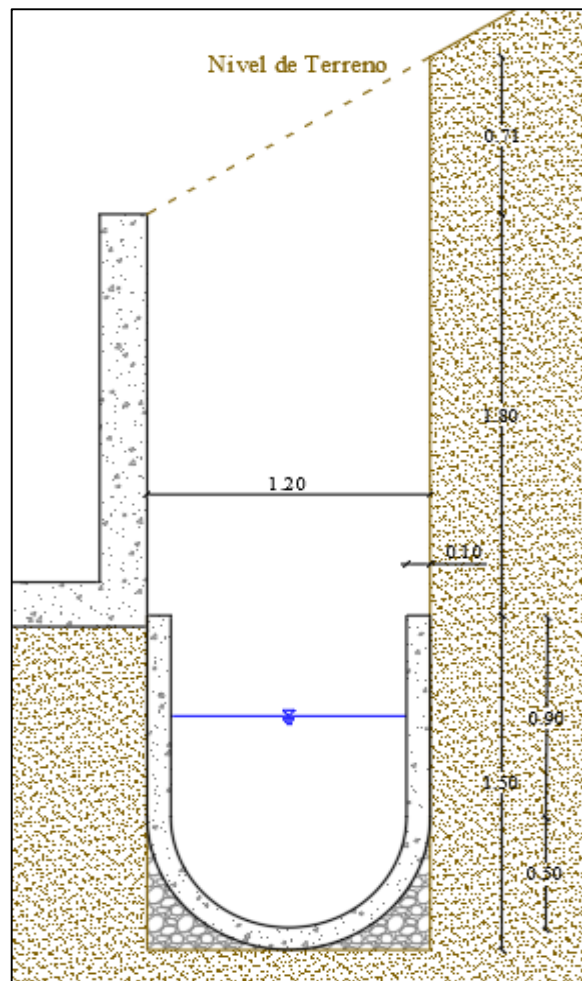


Figura 51: Excavación para la desviación del caudal. Elaborado por: Luis Aguirre.

$$A = \frac{0.71 * 1.20}{2} + 1.80 * 1.20 + 1.50 * 1.20$$

$$A = 4.38m^2$$

$$V = 4.38m^2 * 29m$$

$$V = 127.02m^3$$

6.5.6.2. Limpieza de derrumbos

$$V = V_{Excavación con maquinaria} * 15\%$$

$$V = 127.02m^3 * 0.15$$

$$V = 19.05m^3$$

6.5.6.3. *Hormigón estructural cemento Portland $f'c= 180 \text{ kg/cm}^2$ (ataguía)*

$$A = A_{\text{semicirculo}} + A_{\text{paredes}}$$

$$A = \left(\frac{\pi * 0.6^2}{2} - \frac{\pi * 0.5^2}{2} \right) + (0.90 * 0.10) + (0.90 * 0.10)$$

$$A = 0.353\text{m}^2$$

$$V = 0.353\text{m}^2 * 29\text{m}$$

$$V = 10.237\text{m}^3$$

6.5.7. *Obras exteriores*

6.5.7.1. *Cerramiento malla galvanizada*

$$A = 10\text{m} * 2\text{m}$$

$$A = 20 \text{ m}^2$$

6.5.7.2. *Limpieza de obra*

$$A = 33.23\text{m} * 18\text{m}$$

$$A = 598.14 \text{ m}^2$$

6.6.Presupuesto

El presupuesto para la estructura de captación es de 87 713.34 dólares americanos, más IVA como se lo detalla en el anexo i.

CAPÍTULO VII – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- El diseño hidráulico toma en cuenta aspectos teóricos importantes como son: la hidrología, el clima y la precipitación. Asimismo, se consideró las partes fundamentales de una captación superficial de agua como son: azud de derivación tipo cimacio de 1.05m de alto, 1.16m de ancho y 6m de longitud; la rejilla de captación, cuyas dimensiones son de 0.60m x 0.40m, la cual cuenta con 4 barrotes, de un diámetro de 25mm; un desripador cuyas dimensiones son 2m de ancho y 12.90m de longitud; y finalmente el dissipador de energía con una longitud de 3.35m.
- En el diseño estructural del presente proyecto se tomó en cuenta la norma nacional NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, ya que resulta fundamental su análisis para asegurar el adecuado comportamiento de la estructura frente a eventos naturales, los cuales podrían poner en riesgo la eficiencia de la estructura y al mismo tiempo la seguridad y calidad de vida de los usuarios. La modelación de esta estructura se realizó utilizando el programa estructural SAP2000, el cual se basa en el método de la rigidez y análisis matricial.
- Para la construcción del presente proyecto, se determinó un presupuesto de obra de \$87 713.34 dólares americanos, más IVA, mediante el análisis de precios unitarios, en los cuales se tomó en consideración la mano de obra local, evitando así un costo mayor de la obra.
- En lo relacionado al enfoque legal para el desarrollo del presente proyecto se tomó en cuenta la “Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua”, la “Constitución de la República del Ecuador”, el “Código Orgánico del Ambiente” y el “Plan Nacional de Riego y Drenaje”, con la finalidad de cumplir las regulaciones y los procedimientos nacionales vigentes.
- Referente a las alternativas de localización, se establece tres posibles puntos de implantación para el proyecto, de los cuales se elige la opción “C” debido a que este lugar permite asegurar la estabilidad de la estructura, siendo un lugar perfecto para poder anclarla y al mismo tiempo garantiza su seguridad ya que en los taludes aledaños no existe material suelto.
- Con base en los estudios realizados, se confirma que existe una deficiencia en los sistemas de captación y regulación de caudales en las comunidades pequeñas de la

parroquia de “Zumbahua”. Ante lo cual es evidente la necesidad de una nueva estructura hidráulica de captación y regulación para satisfacer la cantidad suficiente de agua para riego, a los terrenos cultivables en su área de influencia.

- Mediante el análisis de la cuenca hidrográfica “Tiglán- Michacalá”, la cual abastece al río “Zumbahua”, se demostró que el río tiene un bajo peligro de crecidas debido a que la cuenca tiene forma alargada y su coeficiente de forma es muy bajo. Por lo cual, se asegura que no habrá complicaciones durante la construcción de la obra por el comportamiento del caudal del río.
- Las características agrológicas del suelo clasifican al suelo de “Zumbahua” como suelo de aptitud, tipo “D”, lo que contempla que tiene severas limitaciones para la agricultura, por lo tanto, la agricultura de esta zona se basa en cultivos de ciclo corto como son la cebolla, habas, melloco y papas.
- Para la cuantificación de agua para riego, se tomó en cuenta la participación de la Secretaria Nacional del Agua “SENAGUA” que impuso un caudal de captación de 49.65 lts/s para el riego de 110 hectáreas en las cuales se encuentra sembradas los principales cultivos de la Junta de Riego “El Tiglán”.
- El agua es vital para el desarrollo de cualquier parroquia, para el caso particular de las comunidades de “Zumbahua”, resulta estratégico mejorar la disponibilidad de este recurso, debido a que el 72.56% de su población se dedica a la agricultura, ganadería y silvicultura, las cuales son sus principales actividades económicas.
- Los movimientos migratorios ocasionados por la falta de agua en la comunidad se reducirían mediante la implementación de la estructura de captación de agua para riego en el río “Zumbahua”, ya que el hecho de construir esta estructura representa un aporte socio-económico, al generar más fuentes de empleo en la rama de la agricultura, puesto que el 32.98% de la superficie de esta parroquia se destina para este tipo de actividades.
- Una vez concluido el proyecto, la estructura será capaz de captar 50 lts/s, caudal necesario para el abastecimiento de agua para riego impuesto por SENAGUA, siempre y cuando se realice un correcto mantenimiento de todas las partes que conforman la estructura de captación.

7.2.Recomendaciones

- El diseño hidráulico de todos los componentes de la estructura de captación debe ser realizado con el mínimo detalle ya que así se garantizará la captación de un caudal constante para las necesidades del proyecto. Así por ejemplo la altura del umbral de acuerdo con las fuentes bibliográficas puede variar entre 0.60 m y 0.80 m dependiendo del tamaño de las piedras o partículas que lleve el río, en el presente proyecto se utilizó 0.60 m ya que en visitas realizadas se observaron piedras de dichas dimensiones.
- Para el diseño de la rejilla se debe tomar en cuenta un porcentaje de obstrucciones para el cálculo de sus dimensiones ya que al existir sedimentos en el río estos pueden taparla y así impedir que cumpla con su objetivo principal. Ante lo cual es de mucha importancia el mantenimiento de la rejilla.
- Asimismo, se recomienda verificar los espaciamientos entre los barrotes de la rejilla de captación lo que permitirá controlar el tamaño de las partículas que se desea mantener fuera del desripiador
- Deberán eliminarse todos los ángulos rectos de la estructura, debido a que en las esquinas que forman los elementos estructurales se podrían quedar piedras y sedimentos; estos ángulos rectos deberán ser remplazados por curvas que se dirijan hacia las compuertas.
- Verificar la inclinación del paramento al momento de su construcción.
- Para el diseño del perfil del azud tipo cimacio de la estructura de captación del río Zumbahua se recomienda utilizar un coeficiente de descarga de 2 para el cálculo de la carga de agua que se genera sobre la cresta del mismo, se utiliza este valor ya que en las fuentes bibliográficas se especifica que este coeficiente varia ente 1.8 y 2.
- Al diseñar el desripiador se debe tomar en cuenta el uso que se dará al agua captada, para así determinar el diámetro de partículas necesario para su sedimentación.
- Se recomienda verificar que el tipo de suelo del lugar de implantación tenga las mismas características descritas en el estudio de suelos. Esta verificación debe ser realizada por personal técnico del contratista de la obra, una vez que se ejecute las excavaciones para la cimentación.

- Se recomienda realizar un análisis de precios unitarios con información actualizada al año de implementación del proyecto con la finalidad de evitar complicaciones con el presupuesto determinado en la presente tesis.
- Resulta fundamental realizar una visita previa a la construcción de este proyecto debido a que en un país sísmico como el nuestro las características de las cuencas hidrográficas van cambiando constantemente.
- Es fundamental tener en cuenta el ángulo que forma la rejilla con el eje del río en el momento de la construcción del proyecto, ya que así se garantiza una mayor facilidad de limpieza de los sedimentos retenidos por el azud, el ángulo formado no debe superar los 20° , para este proyecto el ángulo que forma el eje del río con la rejilla es de 16.19° .
- Se recomienda una fundición monolítica para todos los elementos estructurales de hormigón. Esto es posible ya que todos los elementos se pueden fundir en un solo día.
- Resulta fundamental plantear nuevos proyectos de colaboración con las comunidades, en los que se fomente la disponibilidad de agua, considerando su relación directa con el desarrollo de sus principales actividades económicas como la agricultura.
- Es importante considerar el desarrollo de un sistema de distribución para el agua captada hacia las zonas de riego debido a que el sistema actual es ineficiente.
- En consideración a las condiciones climáticas y a la información obtenida al realizar el presente proyecto se recomienda su construcción en los meses de septiembre, octubre y noviembre, para evitar la crecida del río “Zumbahua”.

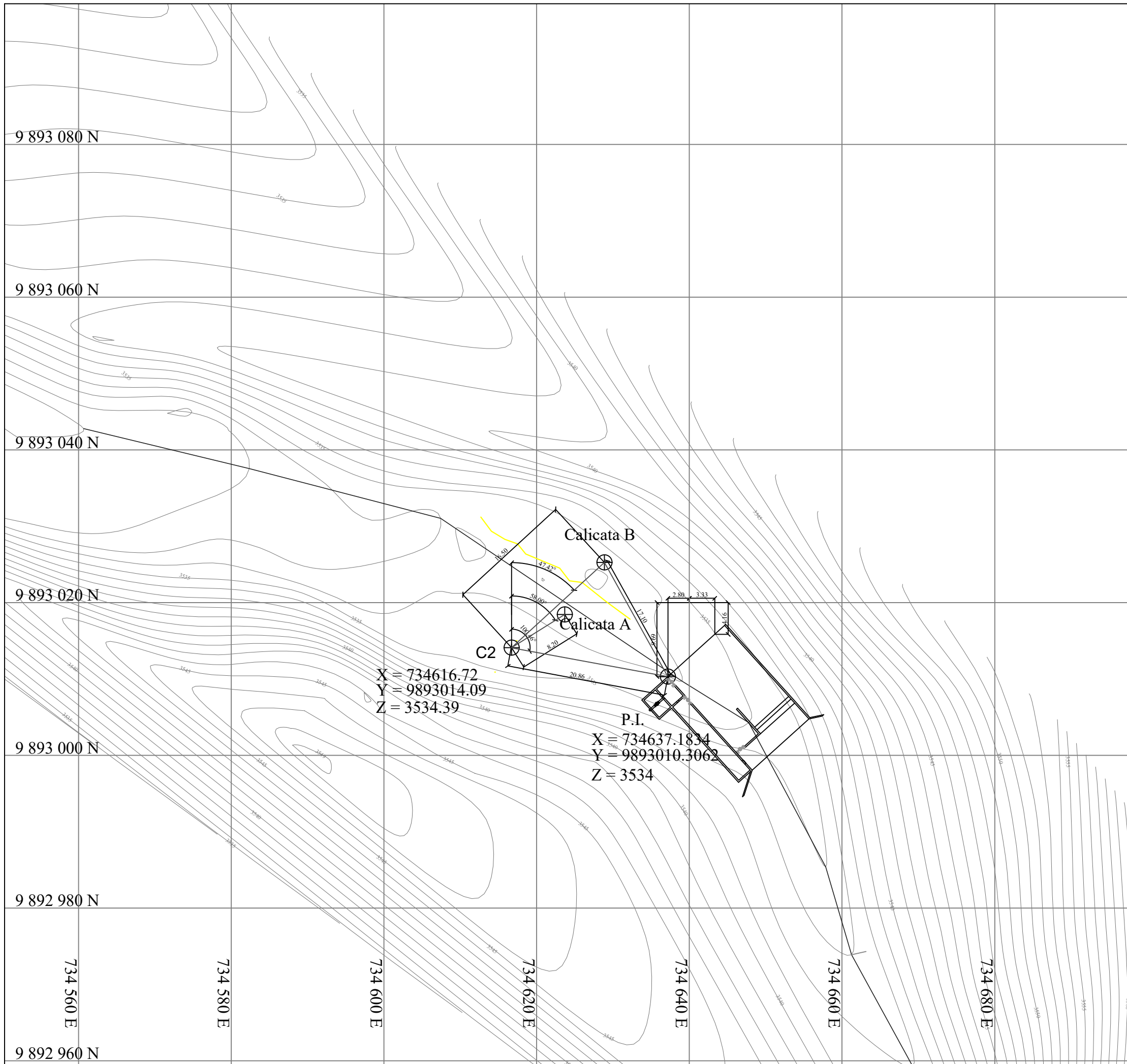
BIBLIOGRAFÍA

- Albuja, J. (2017). *Informe de interpretación geotécnica del proyecto denominado “Diseño de la captación y regulación de caudales del río Zumbahua”*. Quito, Ecuador.
- ARQHYS. (2012). Vertederos hidráulicos. Recuperado el 7 de febrero de 2019, de <https://www.arqhys.com/construccion/vertederos-hidraulicos.html>
- Barros, J. (1974). *Muros de Contención*. Barcelona, España: Ediciones Ceac.
- Benítez, C., Arias, W., & Quiroz, J. (1980). *Manual de conservación de suelos y aguas*. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura y Alimentación.
- Braja, M., D. (2013). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. México, México: CENGAGE Learning.
- Chow, V. Te. (1982). *Hidráulica de los canales abiertos*. México: Editorial Diana.
- Código Orgánico del Ambiente del Ministerio del Ambiente MAE*. (2017). Registro Oficial Suplemento 983.
- Constitución de la República del Ecuador*. (2008). Ciudad Alfaró: Asamblea Constituyente.
- FAO. (s/f). Permeabilidad del suelo. Recuperado el 17 de febrero de 2019, de http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm
- Geotecnia Fácil. (s/f). Fórmulas sencillas para los empujes de tierras: Activo, Pasivo y en Reposo. Recuperado el 11 de febrero de 2019, de <http://geotecniafacil.com/formulas-empuje-de-tierras-activo-pasivo-y-en-reposo/>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Zumbahua. (2015). *Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Zumbahua*. Zumbahua.
- González Forero, H. (2011). *Presupuesto: su control en un proyecto arquitectónico*. (3ra ed.). Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Guachamín, W., García, F., Arteaga, M., & Cadena, J. (2015). *Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación*.

- Iriondo, M. (2009). *Introducción a la geología*. (2da ed.). Editorial Brujas. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/pucesp/reader.action?docID=3227185&query=geologia>
- Krochin, S. (1978). *Diseño Hidráulico*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Ley Orgánica de Recurso Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua*. (2014). Registro Oficial Suplemento 983.
- López Aguilar, J. J. (2009). *Análisis de precios unitarios*. El Cid Editores.
- Miranda, H. Z., & Tejada, J. C. (2014). Diseño hidráulico de una bocatoma, (December 2013), 1–8.
- Monsalve, G. (1999). *Hidrología en la ingeniería* (2da ed.). Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Montaluisa, M. (2017). *Revisión de los diseños de la obra hidraulica de captación y regulador de caudales, en el río Michacalá, Tiglán o Zumbahua presentado por la Junta de Riego “El Tiglán” de la parroquia de Zumbahua, cantón Pujilí*. Latacunga.
- Movimiento Indígena y Campesino de Cotopaxi. (s/f). Proceso historico del MICC. Recuperado el 19 de febrero de 2019, de <http://micc.nativeweb.org/ProcesoHistorico.htm>
- NEC-SE-DS. (2014). *NEC Norma ecuatoriana de la construcción PELIGRO SÍSMICO*. Quito, Ecuador.
- Organización Meteorológica Mundial. (2015). Clima. Recuperado el 6 de febrero de 2019, de <https://public.wmo.int/es/preguntas-frecuentes-clima>
- Permeabilidad de los suelos: concepto y determinación. (2013). Recuperado el 17 de febrero de 2019, de <http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/permeabilidad-de-los-suelos/>
- Plan Nacional de Riego y Drenaje*. (s/f). Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca MAGAP.
- Ponguillo, F. (2018). *Especificaciones Técnicas*. Quito, Ecuador.

- Quiranza, O. (2016). *Diseño del alcantarillado pluvial de la cabecera del la parroquia La Union, del cantón Atacames, provincia de Esmeraldas*. PUCE. Recuperado de http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12456/DISERTACION_TESIS_SANTIAGO_QUIRANZA.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=75&zoom=100,0,152
- Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua*. (2015). Registro Oficial Suplemento 483.
- Sánchez, E., & Garcés, P. (2018). *Cuenca hidrográfica Tiglán-Michala*. Quito, Ecuador: PUCE, Facultad de Ingeniería, Responsabilidad Social Universitaria.
- Sánchez, E., Oñate, K., Córdor, L., Zúñiga, W., & Tamayo, D. (2019). *Análisis de las características morfológicas, físicas y químicas del suelo y determinación de limitantes para el desarrollo de los cultivos de la zona de Talatac, Zumbagua*. Quito: PUCE, Facultad de Ingeniería, Responsabilidad Social Universitaria.
- Sánchez, E., & Rivadeneira, J. (2019). *Estudio de la demanda de agua para riego de los cultivos en la zona de Talatac, Zumbagua*. PUCE, Facultad de Ingeniería, Responsabilidad Social Universitaria.
- Sandoval, R. (1993). *Principios de la Hidráulica*. Quito: Escuela Politécnica del Ejército.
- United States. Department of the Interior. Bureau of Reclamation. (1967). *Diseño de Presas Pequeñas. Una publicación técnica de recursos hidráulicos*. Mexico: Compañía Editorial Continental.
- Wincader, R., & Monroe, J. S. (2000). *Fundamentos de geología*. México: International Thomson Editores.
- WWAP. (2016). *Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2016: agua y empleo*. Paris, Francia: Paris: Unesco, 2016.

Anexo A: Plano de implantación opción A.



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL
 ECUADOR**
 Facultad de Ingeniería
 Ingeniería Civil



**DISERTACIÓN DE GRADO PREVIA LA
 OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

Diseño hidráulico, estructural y presupuesto de la
TEMA: estructura de captación en el río Zumbahua para el
 proyecto de riego de la Junta de Riego "El Tiglán"

UBICACIÓN:
Provincia: Cotopaxi
Cantón: Pujilí
Parroquia: Zumbahua

Luis Alejandro Aguirre Jaramillo

ESTUDIOS DE ALTERNATIVAS

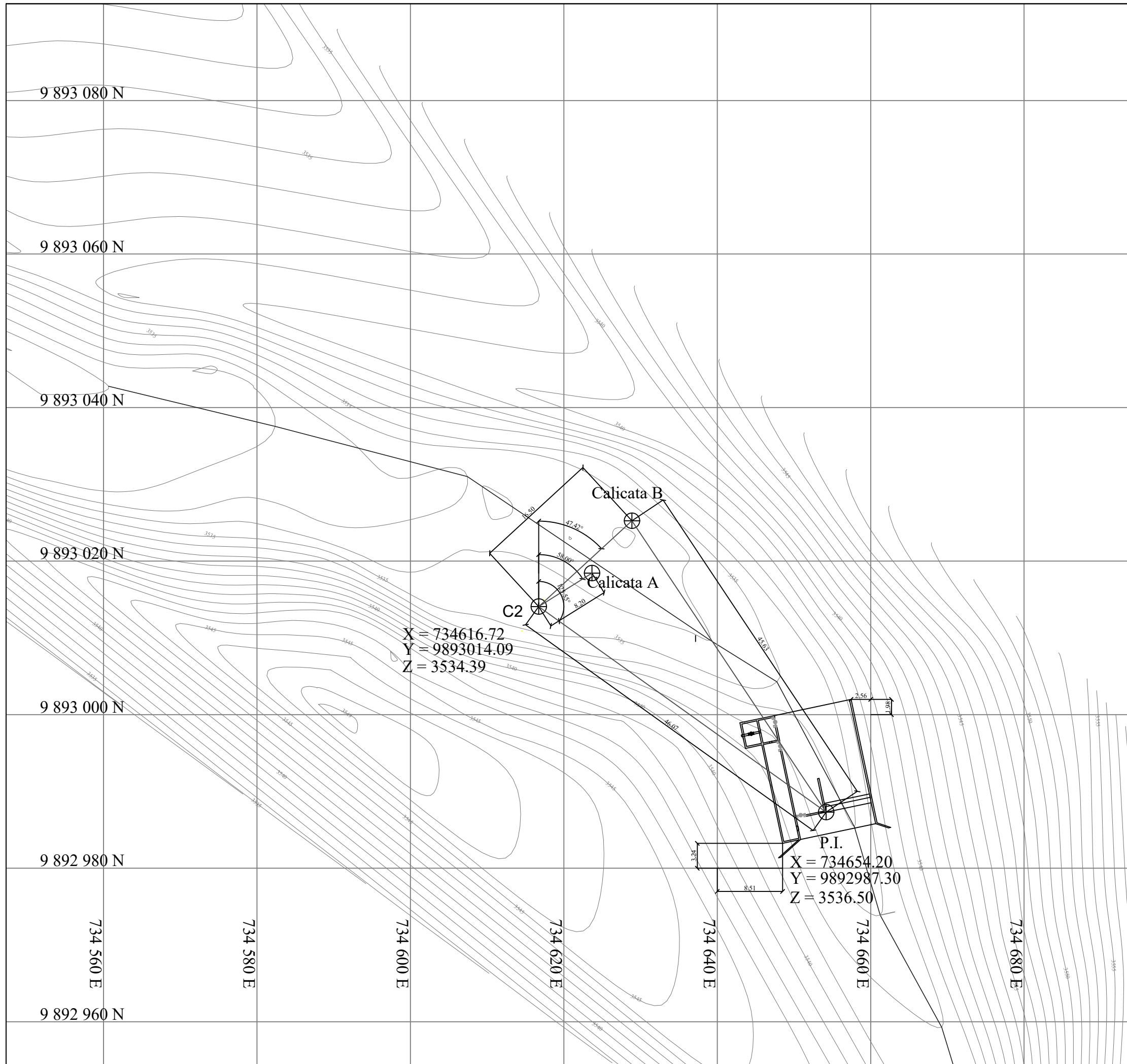
CONTENIDO:
 Plano de Implantación de la Opción A

FECHA: Abril 2019

ESCALA: 1:500

PLANO N°: 1/1

Anexo B: Plano de implantación opción B.



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL
ECUADOR**
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Civil



**DISERTACIÓN DE GRADO PREVIA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

Diseño hidráulico, estructural y presupuesto de la
TEMA: estructura de captación en el río Zumbahua para el
proyecto de riego de la Junta de Riego "El Tiglán"

UBICACIÓN:
Provincia: Cotopaxi
Cantón: Pujilí
Parroquia: Zumbahua

Luis Alejandro Aguirre Jaramillo

ESTUDIOS DE ALTERNATIVAS

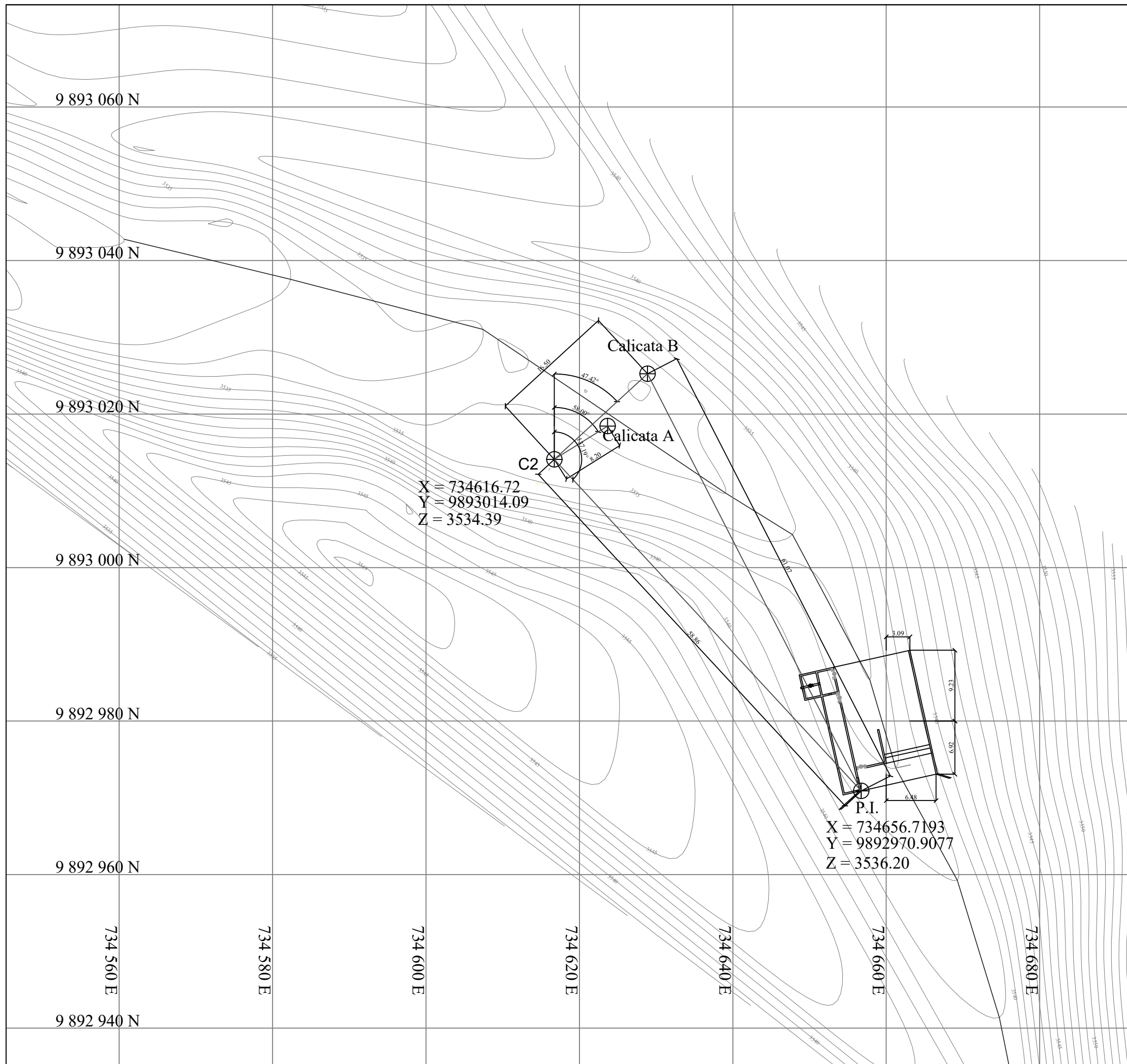
CONTENIDO:
Plano de Implantación de la Opción B

FECHA: Abril 2019

ESCALA: 1:500

PLANO N°: 1/1

Anexo C: Plano de implantación opción C.



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL
 ECUADOR**
 Facultad de Ingeniería
 Ingeniería Civil



**DISERTACIÓN DE GRADO PREVIA LA
 OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

Diseño hidráulico, estructural y presupuesto de la
TEMA: estructura de captación en el río Zumbahua para el
 proyecto de riego de la Junta de Riego "El Tiglán"

UBICACIÓN:
Provincia: Cotopaxi
Cantón: Pujilí
Parroquia: Zumbahua

Luis Alejandro Aguirre Jaramillo

ESTUDIOS DE ALTERNATIVAS

CONTENIDO:
 Plano de Implantación de la Opción C

FECHA: Abril 2019

ESCALA: 1:500

PLANO N°: 1/1

Anexo D: Informe de caudal de captación SENAGUA.



PARA: ING. SEGUNDO REINALDO USUÑO QUISAGUANO
RESPONSABLE TÉCNICO DEL CAC - LATACUNGA
DEMARCACIÓN HIDROGRAFICA DE PASTAZA
SECRETARÍA DEL AGUA - SENAGUA

DE: ING. MIGUEL MONTALUISA CÁRDENAS
TÉCNICO - PERITO CAC-LATACUNGA

ASUNTO: REVISIÓN DE LOS DISEÑOS DE LA OBRA HIDRÁULICA DE
CAPTACIÓN Y REGULADOR DE CAUDALES, EN EL RÍO
MICHACALÁ, TIGLÁN O ZUMBAHUA, PRESENTADO POR LA
JUNTA DE RIEGO "EL TIGLÁN", DE LA PARROQUIA
ZUMBAHUA, CANTÓN PUJILÍ.

FECHA: ENERO 27, 2017

NUMERO: DHP-08-CACL-005-2017-MM

En cumplimiento a la providencia dictada por su Jefatura, para que se realice la revisión, aprobación de los diseños y Autorización de la construcción, de la obra hidráulica de la captación y regulación de caudales en el río Michacalá, Tiglán o Zumbahua, para captar el caudal de 49.65 l/s para riego de 110 hectáreas, de los sectores La Granja, Sigsiquiringri y Pucausha de la parroquia Zumbahua, cantón Pujilí. Petición que se encuentra tramitando en el proceso No. 296-2016-A.O., el que es planteado por Alberto Guamán Sigcha, en calidad de Presidente de la Junta de Riego "El Tiglán", al respecto me permito informar lo siguiente:

1. El 11 de enero de 2017, se realizó la inspección de campo, al sector denominado Tiglán de la parroquia Zumbahua, sitios de captación del río Michacalá, Tiglán o Zumbahua, reservorio en el sector de Pucaugsha, en donde se realizaron aforos con molinete hidráulico al río y acequia, obteniendo promedios, implantación de las obras propuestas, localización por medio de las Coordenadas UTM-WGS-84-Z17S y las correspondientes elevaciones aproximadas; cuyos datos se indican a continuación.

FUENTE O SITIO	CAUDAL l/s	COTA msnm	COORD. UTM-WGS-84
Captación Propuesta, Río Machácala	501.94	3513	9893092N - 734475E
Sitio de Nueva Captación, Río Michacalá	501.94	3523	9893016N - 734624E
Compuerta de Desfogue, Acequia Tiglán	145.56	3511	9893207N - 734485E
Posible Sitio de Reservorio Jta. Riego Tiglán	-----	3522	9895101N - 733605E

Centro Zonal Latacunga-Dirección calle Quito y Márquez de Maenza-Ed. Centro de Atención Ciudadana
Telefax-033 730620-Ext. 2602

Latacunga - Ecuador
RUC: 0650835350001
www.agua.gob.ec



GOBIERNO NACIONAL DE
LA REPUBLICA DEL ECUADOR

SECRETARÍA DEL AGUA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE PASTAZA



Secretaría del
Agua

2. El caudal obtenido en la inspección de campo, mediante aforos con molinete hidráulico, en el nuevo sitio de captación del río Michacalá, Tiglán o Zumbahua, corresponden a un periodo semilluvioso del Callejón Interandina; para la determinación del caudal 80 % probable, se ha realizado sobre la base de aforos anteriores al indicada río, rendimiento de microcuencas hidrográficas, observaciones de habitantes del lugar, determinar el caudal de 299.75 l/s.
3. Revisado el proceso No. 436-2014-RV., registro No. 1778-DHP, en fs. 30 a 32, se encuentra la resolución emitida por la Secretaría del Agua.- Demarcación Hidrográfica de Pastaza.-Centro de Atención al Ciudadano Latacunga, que en la parte principal se Dispone: 1.- Autorizar la renovación por diez años más a favor del Directorio de Aguas "El Tiglán", sectores La Granja, Sigsiquiringri (Sigsiquingre) y Pucausha de la parroquia 58 Zumbahua, cantón 04 Pujilí, representada por el señor Rubén Cunuhay Ante, en calidad de Presidente del Directorio, dichos recursos provienen del río Michacalá, Tiglán o Zumbahua, las mismas que son conducidas por el canal denominado Tiglán, en el caudal permanente de 49.65 l/s para riego de 110 hectáreas y de 0.23 l/s para abrevadero de semovientes.
4. La Junta de Riego El Tiglán, dando cumplimiento al numeral 4 de la Resolución del proceso No. 436-2014-RV., registro No. 1778-DHP, presenta los diseños de la obra de captación y regulación de caudales en río Michacalá, Tiglán o Zumbahua, para su correspondiente revisión, aprobación y la resolución de Autorización de construcción, en dos láminas en Formato INEN A1, las mismas que contienen la planta principal, cortes, detalles, implantación con topografía de la obra de captación, Especificaciones Técnicas, cantidades de obra etc.
5. Los planos de diseño de la obra de captación en el río Michacalá, Tiglán o Zumbahua, presentados por la Junta de Riego El Tiglán, en el sitio escogido no es el adecuado, puesto que se encuentra en un sitio de rocas inestables, que no garantizarían la estabilidad de la obra hidráulica; por lo que se sugiere que suban una distancia de aproximadamente 180 metros, con relación a las Coordenadas UTM-WGS-84-Z17S de la resolución de la Renovación.
6. Con la localización del nuevo sitio de captación, se evitara el posible taponamiento de la obra por derrumbos, se aumentará en altura, se evitar el cruce muy cercano por el Centro de Salud de la parroquia Zumbahua, se tendrá la suficiente carga hidrostática para dotar de riego por aspersion a los sectores de La Granja, Sigsiquiringri y PucausPucausha.

Centro Zonal Latacunga-Dirección calle Quito y Márquez de Maenza-Ed. Centro de Atención Ciudadana

Telefax-033 730620-Ext. 2602

Latacunga - Ecuador

RUC: 0660835350001

www.agua.gob.ec

CONCLUSIONES

1. La Junta de riego El Tiglán, de la parroquia de Zumbahua, del cantón Pujilí, se encuentran solicitando la Revisión y aprobación de los planos de diseños de la obra de Captación y regulador de caudales en el río Michacalá, Tiglán o Zumbahua, petición que se encuentra tramitando en el proceso No. 296-2016-A.O.
2. Según el Banco Nacional de Autorizaciones de la Secretaría del Agua.- Demarcación Hidrográfica de Pastaza.-Centro de Atención al Ciudadano Latacunga, la Junta de Riego "EL TIGLÁN", dispone de la Autorización Renovada de las aguas del río Michacalá, Tiglán o Zumbahua, en el caudal de 49.65 l/s para riego de 110 hectáreas y 0.23 l/s para abrevadero de semovientes, Resolución que se encuentra en el proceso No. 436-2014-RV, registro No. 1778-DHP.
3. Por existir un derrumbo activado en el sitio de captación del sector Tiglán, los diseños de la obra de captación, regulador de caudales, desarenador, no se ha realizado la revisión; y, dar a conocer las observaciones, conclusiones y recomendaciones correspondientes.
4. El caudal Obtenido en la Inspección de campo al río Michacalá, Tiglán o Zumbahua, en el sitio de captación, corresponde a un período semilluvioso del Callejón Interandino, parte Alta Occidental, para la determinación del caudal 80 % probable, se ha realizado sobre la base de aforos anteriores al indicada río, rendimiento de microcuencas hidrográficas, observaciones de habitantes del lugar, determinar el caudal de 299.75 l/s.

RECOMENDACIONES

1. La Junta de Riego El Tiglán de la parroquia Zumbahua, del Cantón Pujilí, tiene que escoger un sitio más adecuado para diseñar la obra de Captación y Regulador de Caudales en el río Michacalá, Tiglán o Zumbahua, cuyo sitio según la topografía, estaría aproximadamente a unos 180 metros aguas arriba desde la captación rudimentaria existente.
2. Para la definición del nuevo sitio de captación y regulador de caudales, en el río conocido con los nombres de Machacara, Tiglán o Zumbahua, se deberá determinar por la topografía, geología, mecánica de suelos o Geotecnia, altura necesaria para llegar al sitio del reservorio principal.



Centro Zonal Latacunga-Dirección calle Quito y Márquez de Maenza-Ed. Centro de Atención Ciudadana

Telefax-033 730620-Ext. 2602

Latacunga - Ecuador

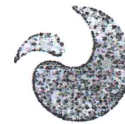
RUC: 0660835350001

www.agua.gob.ec



GOBIERNO NACIONAL DE
LA REPUBLICA DEL ECUADOR

SECRETARÍA DEL AGUA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE PASTAZA



Secretaría del
Agua

3. En razón que no se dispone de una estación Hidrográfica cercana en el río Michacala, para obtener los caudales máximos, y determinar la crecida máxima para un periodo de 100 años, es necesario que se defina el área de la cuenca hidrográfica hasta el sitio de captación, precipitaciones, intensidades máximas, tiempo de concentración, para aplicar fórmulas empíricas y obtener el caudal de crecida para los diseños de la obra de captación y regulador de caudales.
4. Es responsabilidad del constructor, fundar las obras autorizadas su construcción a la Junta de Riego El Tiglán, en el estrato adecuado, así como el empleo de materiales idóneos, para dar cumplimiento a las Especificaciones Técnicas para la construcción de obras hidráulicas.
5. Para evitar la manipulación de personas ajenas a los concesionarios de la obra de captación en el río Michacalá, Tiglán o Zumbahua, se deberá colocar un cerramiento, con las correspondientes seguridades.

Atentamente,

Ing. Miguel Montaluisa Cárdenas

Anexo E: Informe de interpretación geotécnica.

Informe de interpretación geotécnica del proyecto denominado "Diseño de la captación y regulación de caudales del río Zumbahua"

Para la Facultad de Ingeniería - PUCE

14 de noviembre del 2017

INFORME

DE : Ing. Jorge Bucheli
Director del Laboratorio de Materiales de Construcción

Ing. Jorge Albuja S.
Consultor Geotécnico
Laboratorio de Materiales de Construcción

PARA : Ing. Eddy Sánchez
Facultad de Ingeniería - PUCE

ASUNTO: Informe de interpretación geotécnica del proyecto denominado "Diseño de la captación y regulación de caudales del río Zumbahua"

FECHA : 01 de noviembre del 2017

1. ANTECEDENTES

La Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), representada por el Ing. Eddy Sánchez, Coordinador de Responsabilidad Social Universitaria, ha solicitado al Laboratorio de Materiales de Construcción (LMC), realizar el estudio de interpretación geotécnica del proyecto denominado “Diseño de la captación y regulación de caudales del río Zumbahua”, el cual es un proyecto de Responsabilidad Social Universitaria en conjunto con la Facultad de Economía, con el propósito de la construcción e implementación de Planes de Vida en las comunidades miembros del Movimiento Indígena Campesino de Cotopaxi.

Se ha ejecutado en la zona del proyecto 2 calicatas superficiales, con profundidades de 1.0 metro, y ensayos de laboratorio sobre el material recuperado de ambas calicatas. A partir de esta información se ejecutará la interpretación. La información disponible es la siguiente:

- Breve informe geológico de campo
- Datos de Laboratorio de Suelos – PUCE:
 - Granulometría por tamizado de la Calicata No 2 – Mediante Norma ASTM C136.
 - Contenido orgánico de contenido de la Calicata No 1 – Mediante Norma ASTM C40.
 - Peso Unitario de los Agregados (Agregado Gueso) de la Calicata No 1 y 2 – Mediante Norma ASTM C29.
 - Contenido de Humedad en Agregados en las Calicatas No 1 y 2 – Mediante Normas ASTM C566.
 - Ensayo de corte directo tipo CU sobre una muestra de bloque.

2. ALCANCE

La determinación de la capacidad portante, estimación de los asentamientos y parámetros de corte se lo realiza sobre la base de la información obtenida en campo y recomendaciones según códigos internacionales, debido al tipo de material predominante en el sector.

3. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

A partir de la información granulométrica, se clasificará al material de acuerdo a la clasificación SUCS en base a la noma ASTM D2487-11. Se observa que el porcentaje retenido en el tamiz No. 200 es del 99%, tratándose de un material de grano grueso con un 1% de finos. En el tamiz No. 4 existe un 74.3% retenido, lo cual indica la presencia predominante de gravas, que llegan a tener un porcentaje de 14.3% en el tamiz No. 6 (152 mm), representando una grava gruesa con presencia de arena, la cual tiene un 6.2% de arena de grano grueso (entre el tamiz No. 4 y No. 10), 16.3% de arena de grano medio (entre el tamiz No. 10 y No. 40) y 9.2% de arena de grano fino (entre el tamiz No. 40 y No. 200). La determinación de los valores de C_u y C_z fueron los siguientes:

- $d_{10}=0.70$ mm, $d_{30}=8.00$ mm, $d_{60}=50.0$ mm
- $C_u=71.4$, $C_z=1.83$

De acuerdo a la clasificación SUCS, se trata de una grava con arena bien graduada, del tipo GW.

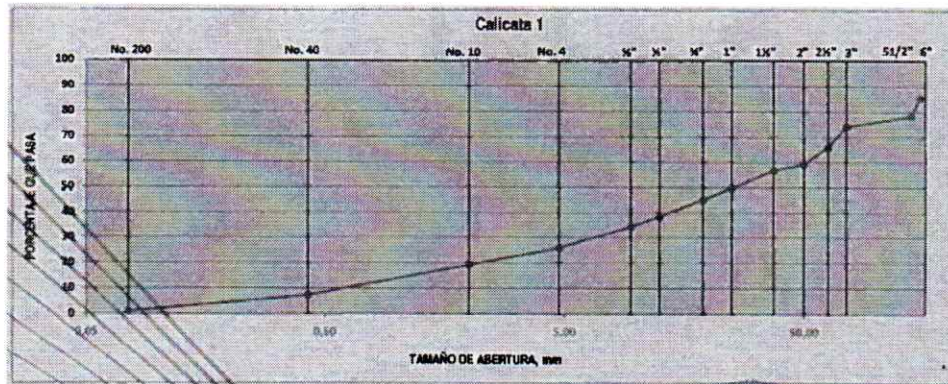
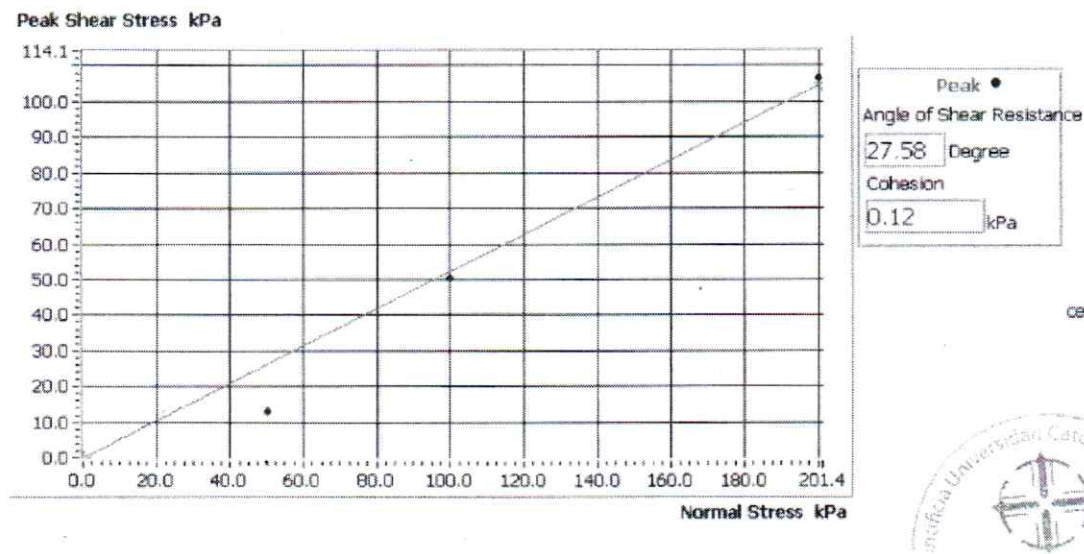


Gráfico granulométrico del informe No. 4066M de la calicata No 1.

El contenido de humedad entre las calicatas 1 y 2 son del 10.4 y 7.4% respectivamente, un peso unitario medio de 1829 kg/m³, y un contenido orgánico aceptable en ambos casos. Sobre las muestras de bloque se procedió a ejecutar un ensayo de corte directo tipo CU, obteniendo los siguientes resultados:

Maximum Shear Stress vs Normal Stress



Considerando la dificultad de obtener muestras de este material, así como de ejecutar ensayos de campo en este material, se procederá a la verificación de estos valores mediante la estimación de los parámetros geo mecánicos en base a códigos y bibliografía.

4. DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA

4.1. ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA POR CORTE

La capacidad de carga última del suelo se la obtiene mediante teoría plástica, la cual está en función de los parámetros del corte del suelo y de las características de cimentación.

Se usará la ecuación de carga última (q_c) de Terzaghi. Los valores de N_c , N_q y N_γ se denominan “factores de capacidad de carga”, los cuales se calculan en función del ángulo de fricción interno del suelo ϕ . Como el suelo encontrado es una grava gruesa con arena bien graduada, determinaremos estos parámetros en función del tipo de suelo y consideraremos que el suelo fallaría a través de una falla local.

Ecuación de carga última de Terzaghi:

$$q_c = c N_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma$$

Para determinar el ángulo de fricción interno y el peso unitario del suelo granular, se correlacionó con valores empíricos basados en el N del SPT, obtenidos del libro “Foundation Analysis and Design”, de Joseph E. Bowles, considerando una grava gruesa con arena predominantemente de grano medio, y una descripción de densa, así como la utilización de los valores del ensayo de corte directo tipo CU.

Empirical values for ϕ , D_r , and unit weight of granular soils based on the SPT at about 6 m depth and normally consolidated [approximately, $\phi = 28^\circ + 15^\circ D_r (\pm 2^\circ)$]

Description	Very loose	Loose	Medium	Dense	Very dense
Relative density D_r	0	0.15	0.35	0.65	0.85
SPT N'_{70} : fine	1-2	3-6	7-15	16-30	?
medium	2-3	4-7	8-20	21-40	> 40
coarse	3-6	5-9	10-25	26-45	> 45
ϕ : fine	26-28	28-30	30-34	33-38	
medium	27-28	30-32	32-36	36-42	< 50
coarse	28-30	30-34	33-40	40-50	
γ_{wet} , kN/m ³	11-16*	14-18	17-20	17-22	20-23

* Excavated soil or material dumped from a truck has a unit weight of 11 to 14 kN/m³ and must be quite dense to weigh much over 21 kN/m³. No existing soil has a $D_r = 0.00$ nor a value of 1.00. Common ranges are from 0.3 to 0.7.

Ángulo de fricción interno ϕ en condiciones naturales = $40^\circ = \frac{2}{3} \phi = 26.67^\circ$

Cohesión en condiciones naturales = **0 kg/cm²**

Peso específico = **1,8 ton/m³**

Para determinar los factores de capacidad de carga usaremos la siguiente tabla de factores de capacidad de carga, indicada en el libro "Principios de Ingeniería en Cimentaciones", Cuarta Edición, Braja M. Das:

ϕ	N_c	N_q	N_γ
26	22.25	11.85	12.54
27	23.94	13.20	14.47

Profundidad de la cimentación (D_f)= 1,0 m. Se impone al no tener una implantación del proyecto.

$B = 1$ m. Se impone al no tener una implantación del proyecto.

Para el análisis de capacidad portante del suelo se ha verificado utilizando métodos analíticos basados en el cálculo de capacidad portante estimada por Meyerhof (1963) y Vesic.

Los resultados obtenidos se indican a continuación:

Cálculo realizado con las estimaciones de códigos y bibliografía:

Nota: Esta hoja de cálculo ha sido creada para: Cualquier Df/B y $\phi > 10^\circ$

Capacidad portante mediante la ecuación:

$$q_u = c'N_cF_{cs}F_{cd}F_{ci} + qN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma BN_qF_{ys}F_{yd}F_{yi}$$

Meyerhof (1963)

c' = Cohesión
 q = Esfuerzo efectivo al fondo de la cimentación
 γ = Peso unitario del suelo
 B = Ancho de la cimentación (=diámetro para una cimentación circular)
 F_{cs}, F_{qs}, F_{ys} = Factores de Forma
 F_{cd}, F_{qd}, F_{yd} = Factores de profundidad
 F_{ci}, F_{di}, F_{yi} = Factores de inclinación de la carga
 N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de carga

Ingrese los siguientes datos:

Cohesión (Ton/m2)= 0,0122
 Peso unitario del suelo (T/m³)= 1,8
 Profundidad de desplante (m) Df= 1
 Ancho de cimentación B (m)= 1
 Largo de cimentación L(m)= 1
 Ángulo de fricción= 40,0

Ángulo de fricción $2/3\phi'$ = 26,67

Factores de Capacidad de Carga		Factores de Forma	
N_c =	23,36	F_{cs} =	1,53
N_q =	12,73	F_{qs} =	1,26
N_γ =	8,95	F_{ys} =	1,26

Factores de Profundidad		Factores de inclinación de carga	
F_{cd} =	1,32	F_{ci} =	1
F_{qd} =	1,16	F_{di} =	1
F_{yd} =	1,16	F_{yi} =	1

Esfuerzo efectivo al fondo de la cimentación (T/m2)= 1,8
 Factor de seguridad recomendado en arenas= 3 (Das 2011)

q_u (Ton/m²)= 46
 q_{adm} (Ton/m²)= 15

Bearing Capacity Factors

$$N_q = e^{90\phi} \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$$

Nq= 12,73250618
 Nc= 23,36134052
 Nγ= 8,9485662

Shape Factors

$$s_q = 1 + 0.2K_p \frac{B}{L}$$

$$s_\gamma = s_y = 1 + 0.1K_p \frac{B}{L} \quad \phi > 10^\circ$$

$$K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$$

F_{cs} = 1,525688326
 F_{qs} = 1,262844163
 F_{ys} = 1,262844163

Depth Factors Hansen (1970)

$$d_c = 1 + 0.2\sqrt{K_p} \frac{D}{B}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1\sqrt{K_p} \frac{D}{B} \quad \phi > 10^\circ$$

$$K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$$

F_{cd} = 1,3242494
 F_{qd} = 1,1621247
 F_{yd} = 1,1621247
 Kp = 2,628441628

Inclination Factors (Vertical Load)

F_{ci} = 1
 F_{di} = 1
 F_{yi} = 1

Cálculo realizado con las estimaciones de códigos y bibliografía:

Nota: Esta hoja de cálculo ha sido creada para: $Df/B \leq 1$ and $\phi > 0$

Capacidad portante mediante la ecuación:

$$q_{ult} = cN_c s_c d_{cs} i_{cs} g_c b_c + \bar{q} N_q s_q d_{qs} i_{qs} g_q b_q + 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_{\gamma s} i_{\gamma s} g_\gamma b_\gamma \quad \text{Vesic (1973, 1975)}$$

- c' = Cohesión
- q = Esfuerzo efectivo al fondo de la cimentación
- γ = Peso unitario del suelo
- B = Ancho de la cimentación (=diámetro para una cimentación circular)
- N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de
- s_c, s_q, s_γ = Factores de Forma
- $d_{cs}, d_{qs}, d_{\gamma s}$ = Factores de profundidad
- $i_{cs}, i_{qs}, i_{\gamma s}$ = Factores de inclinación de la carga = 1
- g_c, g_q, g_γ = Factores de pendiente del suelo = 1
- b_c, b_q, b_γ = Factores de base inclinada = 1

Ingrese los siguientes datos:

Cohesión (Ton/m²)= 0,0122
 Peso unitario del suelo (T/m³)= 1,8
 Profundidad de despiante (m) Df= 1
 Ancho de cimentación B (m)= 1
 Largo de cimentación L(m)= 1
 Ángulo de fricción= 40,0

Ángulo de fricción $2/3\phi$ = 26,67

Factores de Capacidad de Carga		Factores de Forma	
N_c	23,36	F_{cs}	1,55
N_q	12,73	F_{qs}	1,50
N_γ	13,79	$F_{\gamma s}$	0,60

Factores de Profundidad		Factores de inclinación de carga	
F_{cd}	1,40	F_{ci}	1
F_{qd}	1,31	F_{qi}	1
$F_{\gamma d}$	1,00	$F_{\gamma i}$	1

Esfuerzo efectivo al fondo de la cimentación (T/m²)= 1,8
 Factor de seguridad recomendado en arenas= 3 (Das 2011)

q_u (Ton/m²)= 53
 q_{adm} (Ton/m²)= 17

Bearing Capacity Factors

$N_q = \tan^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) e^{\pi \tan \phi'}$	$N_q =$	12,73250618
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$	$N_c =$	23,3613405
$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi'$	$N_\gamma =$	13,7934476

Shape Factors

$F_{cs} = 1 + \frac{B N_c}{L N_q}$	$F_{cs} =$	1,54502464
$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L \tan \phi}$	$F_{qs} =$	1,50221888
$F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$ De Beer (1970) Hansen (1970)	$F_{\gamma s} =$	0,6000000

Depth Factors Hansen (1970)

$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D_f}{B}$	$F_{cd} =$	1,4000000
$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{D_f}{B}$	$F_{qd} =$	1,3051706
$F_{\gamma d} = 1$	$F_{\gamma d} =$	1

Inclination Factors (Vertical Load)

$F_{ci} = 1$	$F_{qi} = 1$	$F_{\gamma i} = 1$
--------------	--------------	--------------------

Cálculo realizado con el resultado del ensayo de corte directo:

Nota: Esta hoja de cálculo ha sido creada para: Cualquier Df/B y $\phi > 10^\circ$

Capacidad portante mediante la ecuación:

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad \text{Meyerhof (1963)}$$

c' = Cohesión
 q = Esfuerzo efectivo al fondo de la cimentación
 γ = Peso unitario del suelo
 B = Ancho de la cimentación (=diámetro para una cimentación circular)
 $F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$ = Factores de Forma
 $F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$ = Factores de profundidad
 $F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$ = Factores de inclinación de la carga
 N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de carga

Ingrese los siguientes datos:

Cohesión (Ton/m²)= 0,0122
 Peso unitario del suelo (T/m³)= 1,8
 Profundidad de desplante (m) Df= 1
 Ancho de cimentación B (m)= 1
 Largo de cimentación L(m)= 1
 Ángulo de fricción= 41,4

Ángulo de fricción $2/3D^\circ$ = 27,58

Factores de Capacidad de Carga		Factores de Forma	
N_c = 25,01		F_{cs} = 1,54	
N_q = 14,07		F_{qd} = 1,27	
N_γ = 10,44		$F_{\gamma d}$ = 1,27	

Factores de Profundidad		Factores de Inclinación de carga	
F_{cd} = 1,33		F_{ci} = 1	
F_{qd} = 1,17		F_{qi} = 1	
$F_{\gamma d}$ = 1,17		$F_{\gamma i}$ = 1	

Esfuerzo efectivo al fondo de la cimentación (T/m²)= 1,8
 Factor de seguridad recomendado en arenas= 3 (Das 2011)

q_u (Ton/m²)= 52
 q_{adm} (Ton/m²)= 17

Bearing Capacity Factors

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad N_q = 14,06529921$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi \quad N_c = 25,00791052$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1,4\phi) \quad N_\gamma = 10,4368125$$

Shape Factors

$$s_c = 1 + 0,2 K_p \frac{B}{L} \quad F_{cs} = 1,544960605$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0,1 K_p \frac{B}{L} \quad \phi > 10^\circ \quad F_{qd} = 1,272480302$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \phi/2) \quad F_{\gamma d} = 1,272480302$$

Depth Factors Hansen (1970)

$$d_c = 1 + 0,2 \sqrt{K_p} \frac{D}{B} \quad F_{cd} = 1,3301395$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0,1 \sqrt{K_p} \frac{D}{B} \quad \phi > 10^\circ \quad F_{qd} = 1,1650698$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \phi/2) \quad F_{\gamma d} = 1,1650698$$

$$K_p = 2,724803025$$

Inclination Factors (Vertical Load)

$$F_{ci} = 1$$

$$F_{qi} = 1$$

$$F_{\gamma i} = 1$$

Se puede observar que los valores, tanto estimados como obtenidos del ensayo de corte directo, se encuentran en el rango de 15 a 17 ton/m². Considerando la pequeña variabilidad en los resultados, así como la posible variación de materiales con respecto a la muestra ensayada, se recomienda utilizar el valor conservador de 15 ton/m².

6.2.- ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA MEDIANTE CÓDIGOS

En estas condiciones, y junto a las exigencias de perforación, se considera adecuado el uso de los códigos:

- Building Officials and Code Administrators, Inc. 1993
- Uniform Building Code 1991
- Chicago, 1995

TABLE 4-8
Presumptive bearing capacities from indicated building codes, kPa

Soil descriptions vary widely between codes. The following represents author's interpretations.

Soil description	Chicago, 1995	Natl. Board of Fire Underwriters, 1976	BOCA,* 1993	Uniform Bldg. Code, 1991†
Clay, very soft	25			
Clay, soft	75	100	100	100
Clay, ordinary	125			
Clay, medium stiff	175	100		100
Clay, stiff	210		140	
Clay, hard	300			
Sand, compact and clean	240		140	200
Sand, compact and silty	100			
Inorganic silt, compact	125			
Sand, loose and fine		140	140	210
Sand, loose and coarse, or sand-gravel mixture, or compact and fine		400	240	300
Gravel, loose and compact				
coarse sand	300		240	300
Sand-gravel, compact			240	300
Hardpan, cemented sand, cemented gravel	600	950	340	
Soft rock				
Sedimentary layered rock (hard shale, sandstone, siltstone)			6000	1400
Bedrock	9600	9600	6000	9600

Note: Values converted from psf to kPa and rounded.

*Building Officials and Code Administrators International, Inc.

†Author interpretation.

Tabla N.-2 Códigos Internacionales¹

¹ "Foundation Analysis and Desing", de Joseph E. Bowles:

- Boston Building Code, 1970

640 | Geotechnical Engineering

Table 22.1
Allowable bearing pressures of foundation materials (Sec. 725, Boston Building Code, 1970)

Class of material	Allowable bearing pressure, tons/ft ² (kPa)
1. Massive igneous rocks and conglomerate, all in sound condition (sound condition allows minor cracks)	100 (9600)
2. Slate in sound condition (minor cracks allowed)	50 (4800)
3. Shale in sound condition (minor cracks allowed)	10 (960) ^a
4. Residual deposits of shattered or broken bedrock of any kind except shale	10 (960)
5. Glacial till	10 (960)
6. Gravel, well-graded sand and gravel	5 (480)
7. Coarse sand	3 (290)
8. Medium sand	2 (190)
9. Fine sand	1 to 2 (95 to 190) ^b
10. Hard clay	5 (480)
11. Medium clay	2 (190) ^c
12. Soft clay	1 (95) ^c
13. Inorganic silt, shattered shale, or any natural deposit of unusual character not provided for herein	^b
14. Compacted granular fill	2 to 5 (190 to 480) ^b
15. Preloaded materials	^b

Tabla N.-2 Códigos Internacionales²

- International Building Code, 2012

TABLE 1806.2
PRESUMPTIVE LOAD-BEARING VALUES

CLASS OF MATERIALS	VERTICAL FOUNDATION PRESSURE (psf)	LATERAL BEARING PRESSURE (psf/ft below natural grade)	LATERAL SLIDING RESISTANCE	
			Coefficient of friction ^a	Cohesion (psf) ^b
1. Crystalline bedrock	12,000	1,200	0.70	—
2. Sedimentary and foliated rock	4,000	400	0.35	—
3. Sandy gravel and/or gravel (GW and GP)	3,000	200	0.35	—
4. Sand, silty sand, clayey sand, silty gravel and clayey gravel (SW, SP, SM, SC, GM and GC)	2,000	150	0.25	—
5. Clay, sandy clay, silty clay, clayey silt, silt and sandy silt (CL, ML, MH and CH)	1,500	100	—	130

For SI: 1 pound per square foot = 0.0479kPa, 1 pound per square foot per foot = 0.157 kPa/m

a. Coefficient to be multiplied by the dead load.

b. Cohesion value to be multiplied by the contact area, as limited by Section 1806.3.2.

Tabla N.-3 International Building Code, 2012

² "Geotechnical Engineering", Fifth Edition. Richard L. Handy, M. G. Spangler.

7.- ANALISIS DE ASENTAMIENTOS

El asentamiento inmediato deberá ser calculado utilizando la teoría de elasticidad, considerando la carga a ser transmitida, determinando un valor de Módulo de Elasticidad E_s en el orden de 35 MPa de acuerdo a la información presentada a continuación:

El valor estimado de E_s , de acuerdo a tablas y ecuaciones presentadas en el libro “Principios de Ingeniería en Cimentaciones”, Cuarta Edición, Braja M. Das, y “Foundation Analysis and Design”, de Joseph E. Bowles.

▼ **TABLA 4.5** Parámetros elásticos para varios suelos

Tipo de suelo	Módulo de elasticidad, E_s		Relación de Poisson, μ_s
	lb/pulg ²	MN/m ²	
Arena suelta	1,500-3,500	10.35 - 24.15	0.20-0.40
Arena densa media	2,500-4,000	17.25 - 27.60	0.25-0.40
Arena densa	5,000-8,000	34.50 - 55.20	0.30-0.45
Arena limosa	1,500-2,500	10.35 - 17.25	0.20-0.40
Arena y grava	10,000-25,000	69.00 - 172.50	0.15-0.35
Arcilla suave	600-3,000	4.1 - 20.7	
Arcilla media	3,000-6,000	20.7 - 41.4	0.20-0.50
Arcilla firme	6,000-14,000	41.4 - 96.6	

Estimación de factor de rigidez

TABLE 5-6

Equations for stress-strain modulus E_s by several test methods

E_s in kPa for SPT and units of q_c for CPT; divide kPa by 50 to obtain ksf. The N values should be estimated as N_{65} and not N_{70} . Refer also to Tables 2-7 and 2-8.

Soil	SPT	CPT
Sand (normally consolidated)	$E_s = 500(N + 15)$	$E_s = (2 \text{ to } 4)q_c$
	$= 7000\sqrt{N}$	$= 8000\sqrt{q_c}$
	$= 6000N$	---
	---	$E_s = 1.2(3D_r^2 + 2)q_c$
Sand (saturated)	$\pm E_s = (15\,000 \text{ to } 22\,000) \cdot \ln N$	$*E_s = (1 + D_r^2)q_c$
	$E_s = 250(N + 15)$	$E_s = Fq_c$
		$e = 1.0 \quad F = 3.5$ $e = 0.6 \quad F = 7.0$
Sands, all (norm. consol.)	$\%E_s = (2600 \text{ to } 2900)N$	
Sand (overconsolidated)	$\dagger E_s = 40\,000 + 1050N$	$E_s = (6 \text{ to } 30)q_c$
	$E_{s(\text{OCR})} \approx E_{s(\text{nc})} \sqrt{\text{OCR}}$	
Gravelly sand	$E_s = 1200(N + 6)$	
	$= 600(N + 6) \quad N \leq 15$	
	$= 600(N + 6) + 2000 \quad N > 15$	
Clayey sand	$E_s = 320(N + 15)$	$E_s = (3 \text{ to } 6)q_c$
Silts, sandy silt, or clayey silt	$E_s = 300(N + 6)$	$E_s = (1 \text{ to } 2)q_c$
	If $q_c < 2500$ kPa use	$^{\dagger}E'_s = 2.5q_c$
	2500 < q_c < 5000 use	$E'_s = 4q_c + 5000$
	where	
	$E'_s = \text{constrained modulus} = \frac{E_s(1 - \mu)}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)} = \frac{1}{m_v}$	
Soft clay or clayey silt		$E_s = (3 \text{ to } 8)q_c$

Tabla N.-2 Estimación de factor de rigidez

De acuerdo a las tablas, aplicando un rango de seguridad, se determina usar un valor de 35 MPa, el cual deberá ser aplicado una vez se conozca la carga a ser transmitida.

5. CONCLUSIONES

Del análisis de resultados de los trabajos de campo, laboratorio y oficina se pueden establecer las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- 5.1. Sobre la base del análisis realizado en este informe, tanto en capacidad de carga por corte en teoría plástica, así como en el uso de los códigos de construcción, se estima que la capacidad portante es de 15 t/m² a una profundidad no menor a 1,0 metro desde el nivel superficial del terreno. Esto deberá ser verificado en campo por el personal técnico una vez se ejecutó las excavaciones para la cimentación.
- 5.2. Los asentamientos máximos totales que experimentarán las estructuras a construirse deberán ser calculados una vez se defina las cargas a transmitirse y el tipo de cimentación de las mismas.
- 5.3. Se recomienda verificar la existencia de nivel freático en época lluviosa, y en caso de existir, abatir el mismo y generar todos los mecanismos posibles para que el mismo no genere problemas de humedad en las estructuras, que podrían desarrollarse por el fenómeno de capilaridad.
- 5.4. Se recomienda que los trabajos de cimentación sean supervisados por personal técnico especializado en Geotecnia, el cual, en función de las características del terreno, compruebe que éstas se ajustan a las descritas en el presente informe y, de ser el caso, indique las modificaciones que considere necesarias.

6. OBSERVACIONES

El presente Informe Técnico ha sido elaborado sobre la base de la información definitiva recibida.

Quedamos a su disposición a fin de aclarar cualquier duda que se pueda presentar respecto del mismo.

Atentamente,

Ing. Jorge Albuja S. M.Sc. DIC
Consultor Geotécnico
Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Ing. Jorge Bucheli G. M.Sc.
Director del Laboratorio de Materiales de Construcción
Pontificia Universidad Católica del Ecuador

**Shear Strength by Direct Shear
(Small Shear Box) Type CU**

Client	PUCE - ACCIÓN SOCIAL	Lab Ref	
Project	Riego de Tiglán	Job	3398 S
Borehole	M1	Sample	1

Test Details

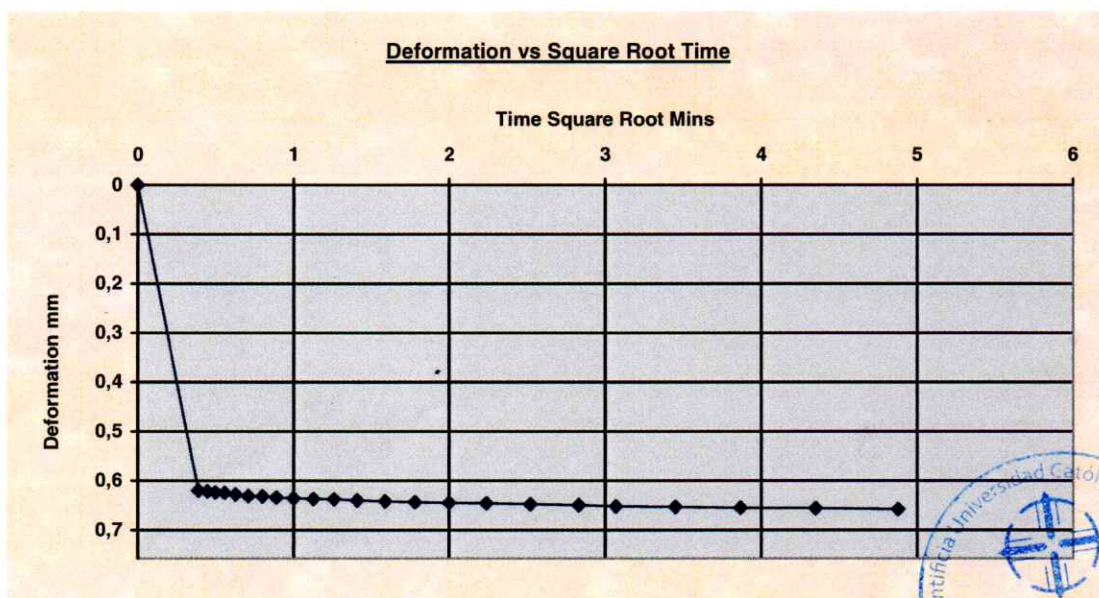
Standard	ASTM D3080-03 / AASHTO T236-92	Particle Specific Gravity	2.50
Sample Type	Block sample	Single or Multi Stage	Single Stage
Lab. Temperature	20.0 deg.C	Location	Zumbagua
Sample Description	M1		
Variations from procedure	None		

Specimen Details

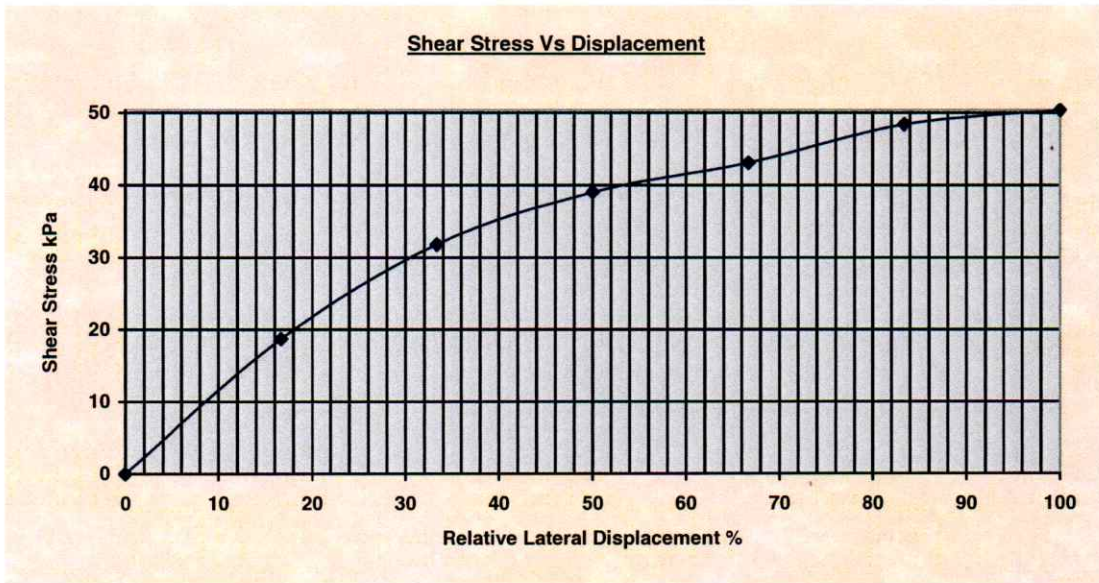
Specimen Reference	B	Description	
Depth within Sample	0.00mm	Orientation within Sample	
Initial Height	20.080 mm	Area	3596.40 mm ²
Structure / Preparation		Initial Water Content*	11.29 %
Initial Wet Unit Weight	17.07 kN/m ³	Degree of Saturation	47.15 %
Initial Dry Unit Weight	15.34 kN/m ³	Initial Voids Ratio	0.599
Final Wet Unit Weight	19.29 kN/m ³	Final Water Content	22.02%
Final Dry Unit Weight	15.81 kN/m ³	Dry Mass	112.94 g
Tested Dry or Submerged	Submerged		
Comments			

* Calculated from initial and dry weights of whole specimen

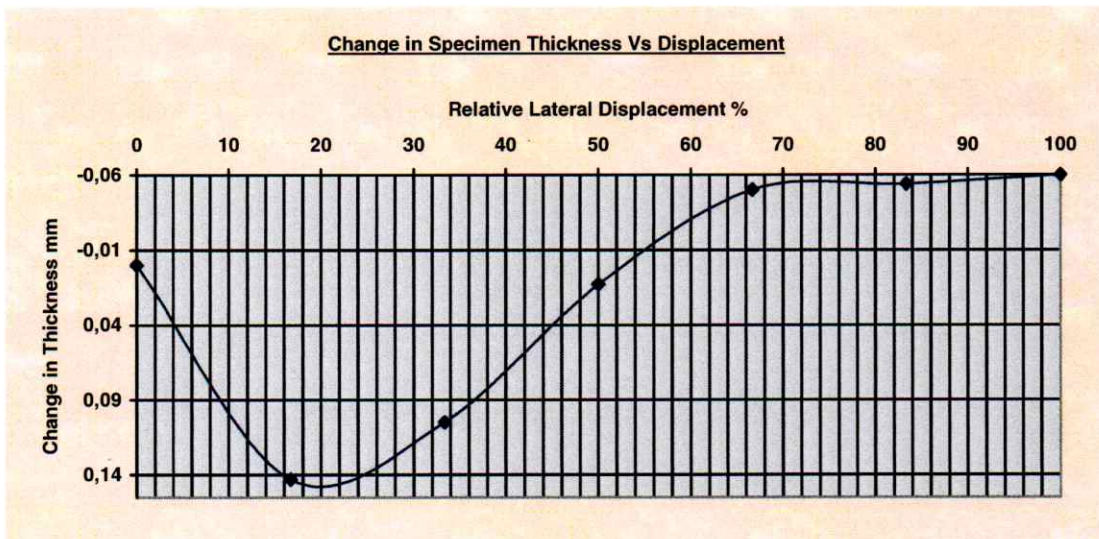
Deformation vs Square Root Time



**Shear Strength by Direct Shear
(Small Shear Box) Type CU**



Rate of Horizontal Displacement	Stage 1: 0.5017mm/min
--	-----------------------



Conditions at Failure	
Normal Stress	100.0 kPa
Peak Strength	50.4 kPa
Horizontal Deformation	7.193 mm
Residual Stress	0.0 kPa
Vertical Deformation	0.598 mm

**Shear Strength by Direct Shear
(Small Shear Box) Type CU**

Client	PUCE - ACCIÓN SOCIAL	Lab Ref	
Project	Riego de Tiglán	Job	3398 S
Borehole	M1	Sample	1

Test Details

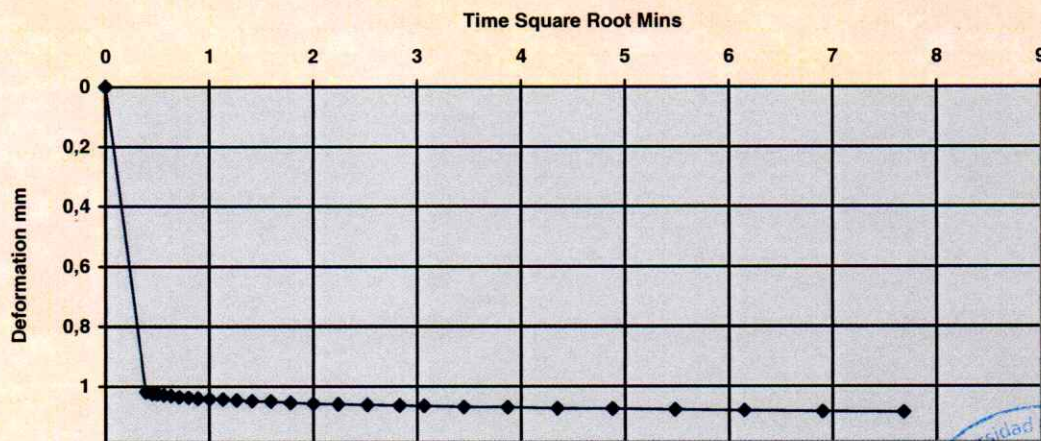
Standard	ASTM D3080-03 / AASHTO T236-92	Particle Specific Gravity	2.50
Sample Type	Block sample	Single or Multi Stage	Single Stage
Lab. Temperature	20.0 deg.C	Location	Zumbagua
Sample Description	M1		
Variations from procedure	None		

Specimen Details

Specimen Reference	C	Description	
Depth within Sample	0.00mm	Orientation within Sample	
Initial Height	20.080 mm	Area	3596.40 mm ²
Structure / Preparation		Initial Water Content*	13.06 %
Initial Wet Unit Weight	17.08 kN/m ³	Degree of Saturation	52.34 %
Initial Dry Unit Weight	15.10 kN/m ³	Initial Voids Ratio	0.624
Final Wet Unit Weight	19.33 kN/m ³	Final Water Content	21.77%
Final Dry Unit Weight	15.88 kN/m ³	Dry Mass	111.18 g
Tested Dry or Submerged	Submerged		
Comments			

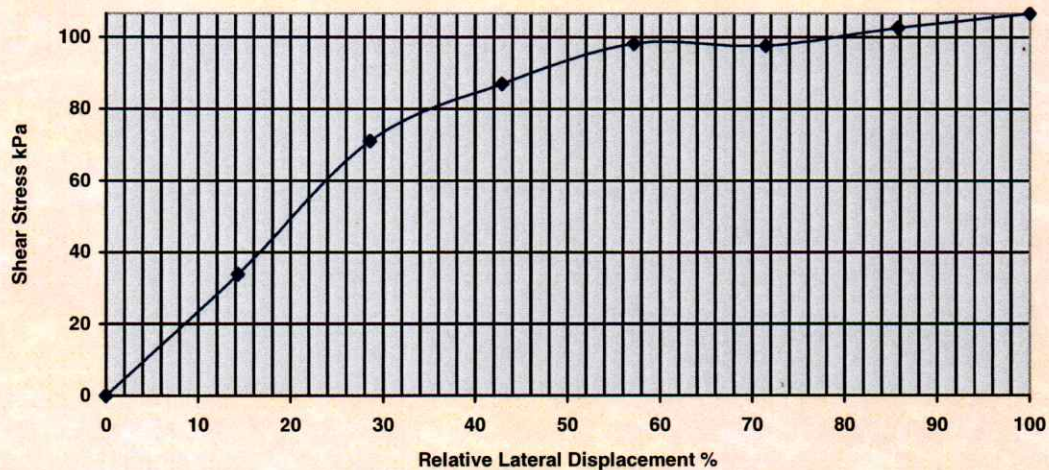
* Calculated from initial and dry weights of whole specimen

Deformation vs Square Root Time



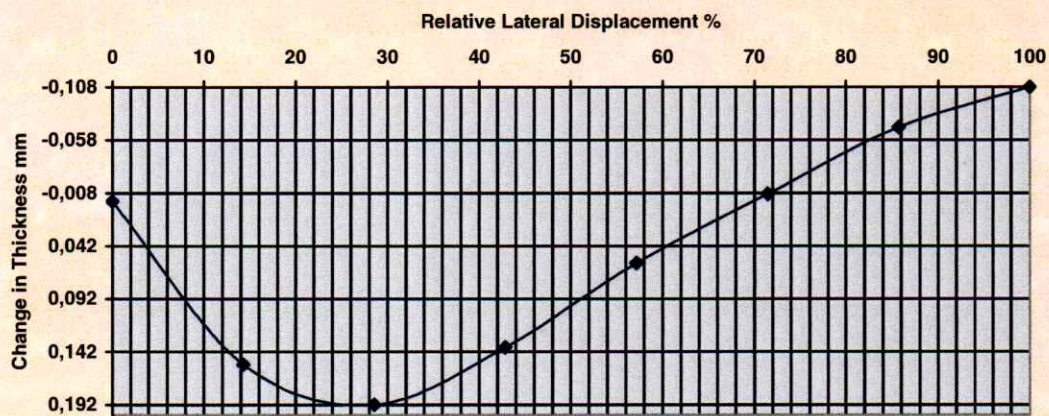
**Shear Strength by Direct Shear
(Small Shear Box) Type CU**

Shear Stress Vs Displacement



Rate of Horizontal Displacement Stage 1: 0.5044mm/min

Change in Specimen Thickness Vs Displacement



Conditions at Failure

Normal Stress	200.0 kPa
Peak Strength	106.6 kPa
Horizontal Deformation	8.392 mm
Residual Stress	0.0 kPa
Vertical Deformation	0.979 mm



**Shear Strength by Direct Shear
(Small Shear Box) Type CU**

Client	PUCE - ACCIÓN SOCIAL	Lab Ref	
Project	Riego de Tiglán	Job	3398 S
Borehole	M1	Sample	1

Test Details

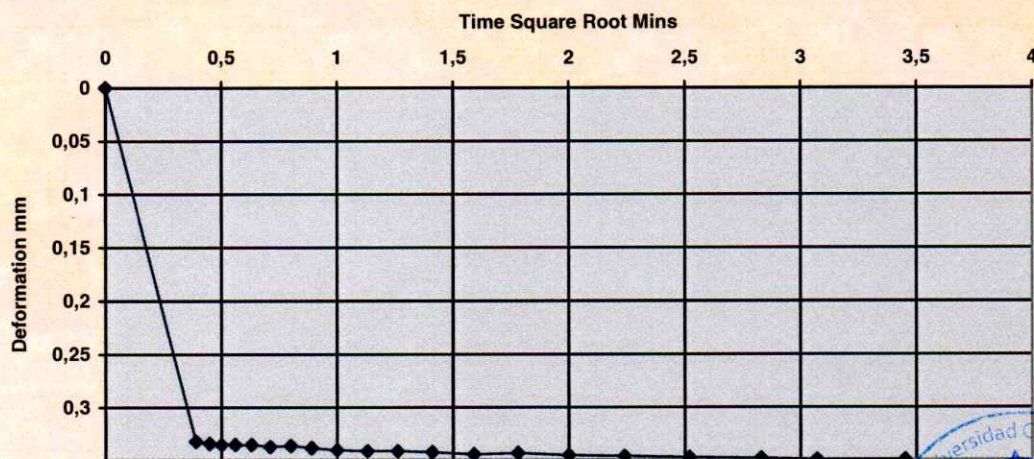
Standard	ASTM D3080-03 / AASHTO T236-92	Particle Specific Gravity	2.50
Sample Type	Block sample	Single or Multi Stage	Single Stage
Lab. Temperature	20.0 deg.C	Location	Zumbagua
Sample Description	M1		
Variations from procedure	None		

Specimen Details

Specimen Reference	A	Description	
Depth within Sample	0.00mm	Orientation within Sample	
Initial Height	20.080 mm	Area	3596.40 mm ²
Structure / Preparation		Initial Water Content*	11.25 %
Initial Wet Unit Weight	17.08 kN/m ³	Degree of Saturation	47.04 %
Initial Dry Unit Weight	15.35 kN/m ³	Initial Voids Ratio	0.598
Final Wet Unit Weight	18.94 kN/m ³	Final Water Content	24.41%
Final Dry Unit Weight	15.23 kN/m ³	Dry Mass	112.99 g
Tested Dry or Submerged	Submerged		
Comments			

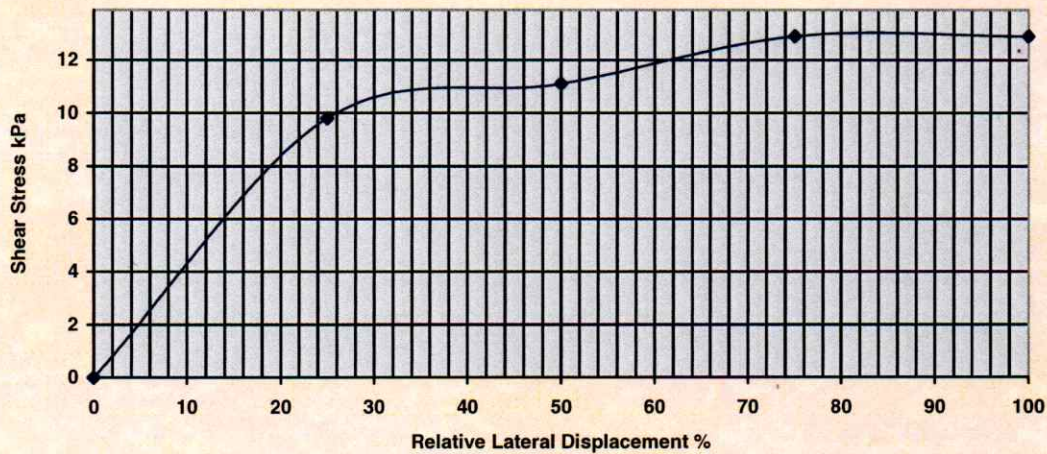
* Calculated from initial and dry weights of whole specimen

Deformation vs Square Root Time



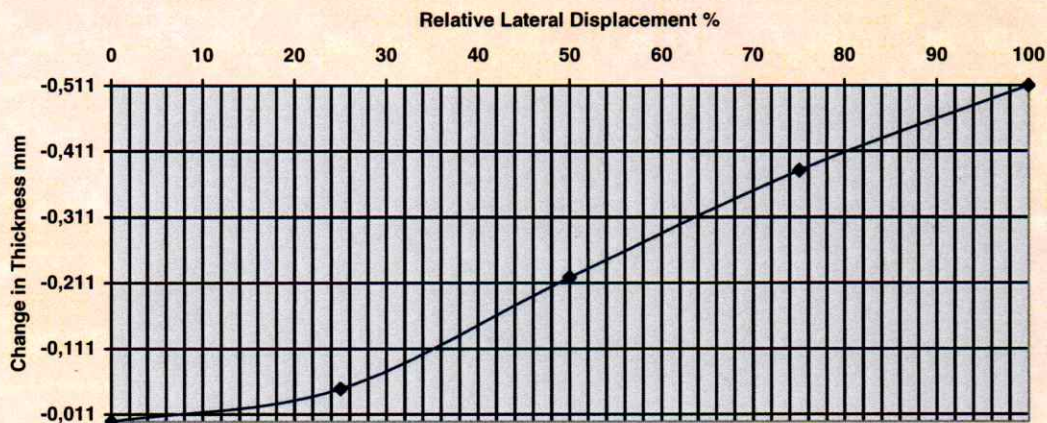
**Shear Strength by Direct Shear
(Small Shear Box) Type CU**

Shear Stress Vs Displacement



Rate of Horizontal Displacement Stage 1: 0.5036mm/min

Change in Specimen Thickness Vs Displacement



Conditions at Failure	
Normal Stress	50.0 kPa
Peak Strength	12.9 kPa
Horizontal Deformation	3.597 mm
Residual Stress	0.0 kPa
Vertical Deformation	0.033 mm

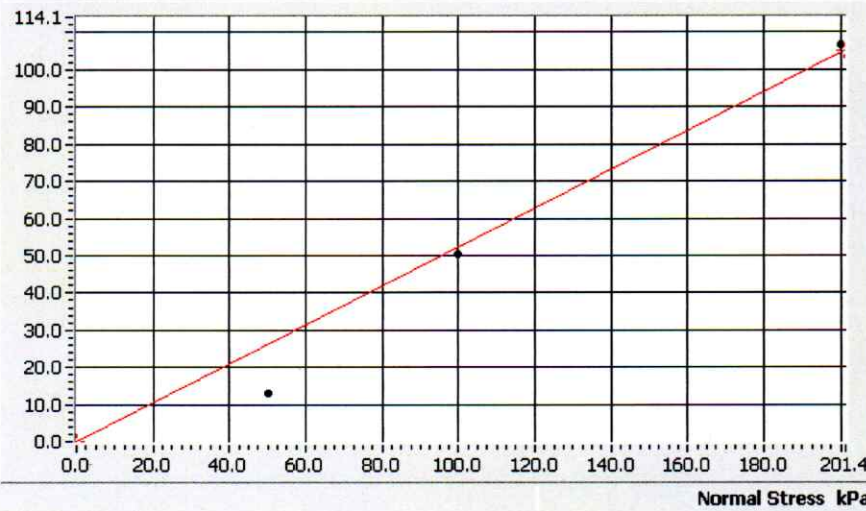
**Shear Strength by Direct Shear
(Small Shear Box) Type CU**

Test Summary

Reference	B	C	A
Normal Stress	100.0 kPa	200.0 kPa	50.0 kPa
Peak Strength	50.4 kPa	106.6 kPa	12.9 kPa
Corresponding Horizontal Displacement	7.193 mm	8.392 mm	3.597 mm
Residual Stress	N/A	N/A	N/A
Rate of Shear Displacement	Stage 1: 0.5017mm/min	Stage 1: 0.5044mm/min	Stage 1: 0.5036mm/min
Final Height	19.48 mm	19.10 mm	20.24 mm
Sample Area	3596.40 mm ²	3596.40 mm ²	3596.40 mm ²
Initial Wet Unit Weight	17.07 kN/m ³	17.08 kN/m ³	17.08 kN/m ³
Initial Dry Unit Weight	15.34 kN/m ³	15.10 kN/m ³	15.35 kN/m ³
Final Wet Unit Weight	19.29 kN/m ³	19.33 kN/m ³	18.94 kN/m ³
Final Dry Unit Weight	15.81 kN/m ³	15.88 kN/m ³	15.23 kN/m ³
Final Moisture Content	22.02 %	21.77 %	24.41 %
Particle Specific Gravity	2.50	2.50	2.50
Final Void Ratio	0.5510	0.5447	0.6107
Final Saturation	99.92%	99.91%	99.92%

Maximum Shear Stress vs Normal Stress

Peak Shear Stress kPa



Peak ●
Angle of Shear Resistance
27.58 Degree
Cohesion
0.12 kPa



Telgo. Patricio Hernández

Tested By



Eng. Andrés Muñoz

Checked By



Eng. Jorge Bucheli

Approved By



**Shear Strength by Direct Shear
(Small Shear Box) Type CU**

Client	PUCE - ACCIÓN SOCIAL	Lab Ref	
Project	Riego de Tiglán	Job	3398 S
Borehole	M1	Sample	1

Test Details

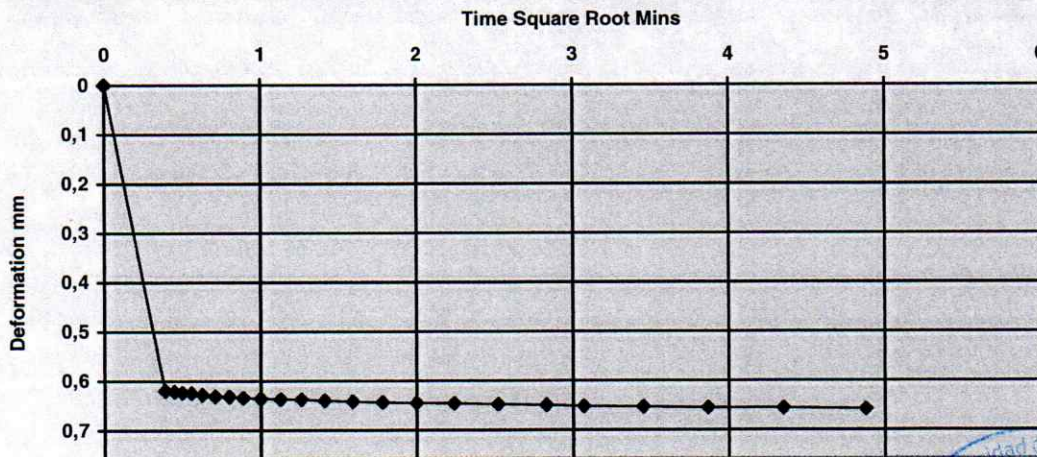
Standard	ASTM D3080-03 / AASHTO T236-92	Particle Specific Gravity	2.50
Sample Type	Block sample	Single or Multi Stage	Single Stage
Lab. Temperature	20.0 deg.C	Location	Zumbagua
Sample Description	M1		
Variations from procedure	None		

Specimen Details

Specimen Reference	B	Description	
Depth within Sample	0.00mm	Orientation within Sample	
Initial Height	20.080 mm	Area	3596.40 mm ²
Structure / Preparation		Initial Water Content*	11.29 %
Initial Wet Unit Weight	17.07 kN/m ³	Degree of Saturation	47.15 %
Initial Dry Unit Weight	15.34 kN/m ³	Initial Voids Ratio	0.599
Final Wet Unit Weight	19.29 kN/m ³	Final Water Content	22.02%
Final Dry Unit Weight	15.81 kN/m ³	Dry Mass	112.94 g
Tested Dry or Submerged	Submerged		
Comments			

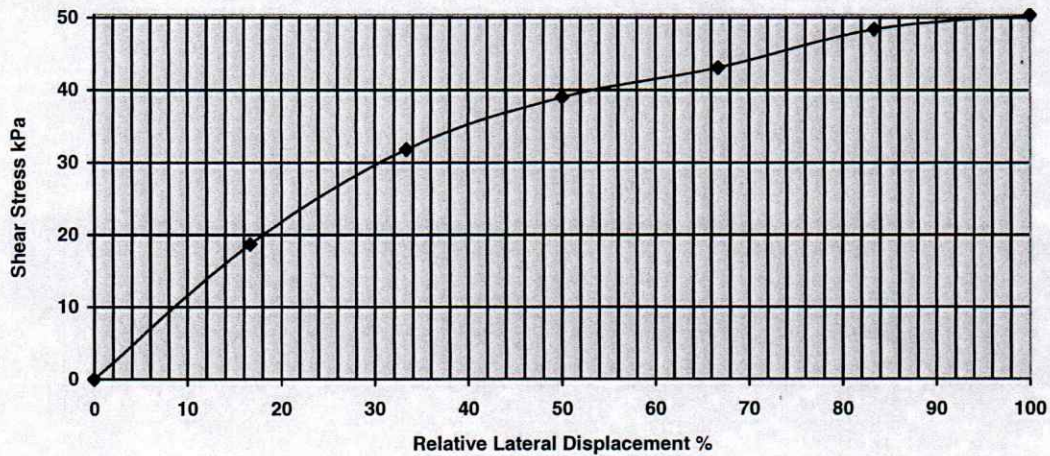
* Calculated from initial and dry weights of whole specimen

Deformation vs Square Root Time



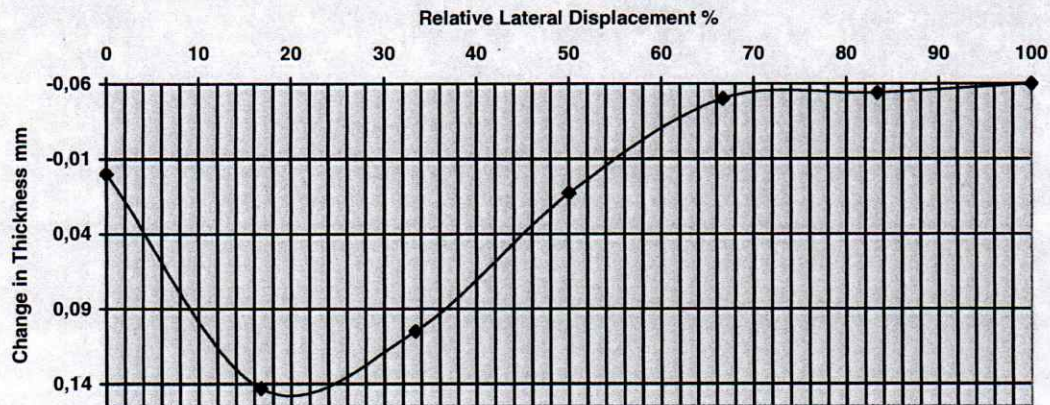
**Shear Strength by Direct Shear
(Small Shear Box) Type CU**

Shear Stress Vs Displacement



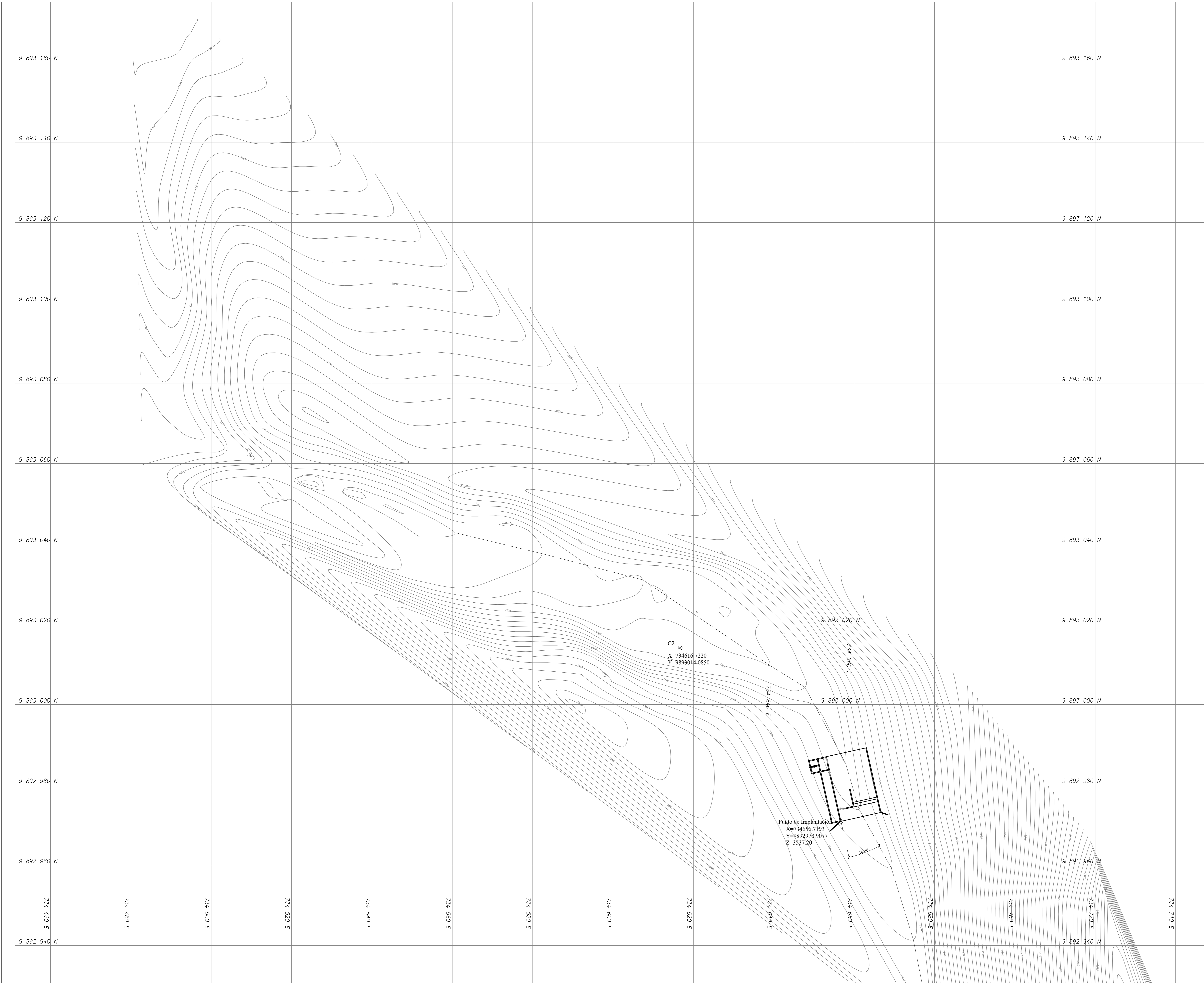
Rate of Horizontal Displacement Stage 1: 0.5017mm/min

Change in Specimen Thickness Vs Displacement



Conditions at Failure	
Normal Stress	100.0 kPa
Peak Strength	50.4 kPa
Horizontal Deformation	7.193 mm
Residual Stress	0.0 kPa
Vertical Deformation	0.598 mm

Anexo F: Planos del diseño hidráulico.



- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**
1. La estructura es un conjunto monolítico de Azud, muros, losas de cimentación y dentellones, que configuran captación, muro hidráulico, compuerta, rejilla de paso, despijador, desarenador, caja de válvula y zampado para la captación de agua sobre el río Tiglan localidad Zumbabua
 2. El diseño de la estructura se ha basado en la metodología del BUREAU OF RECLAMATION
 3. Todas las medidas están en metros (m).

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
 Facultad de Ingeniería
 Ingeniería Civil



DISERTACIÓN DE GRADO PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA: Diseño hidráulico, estructural y presupuesto de la estructura de captación en el río Zumbabua para el proyecto de riego de la Junta de Riego "El Tiglan"

UBICACIÓN:
 Provincia: Cotacachi
 Cantón: Paquí
 Parroquia: Zumbabua

AUTOR: Luis Alejandro Aguirre Jaramillo

DISEÑO HIDRÁULICO

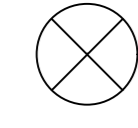
CONTENIDO:
 Plano de Implantación

FECHA: Abril 2019

ESCALA: 1:300

PLANO Nº: B-1/5

C2



X=734616.7220

Y=9893014.0850

9 893 000 N

734 660 E

734 640 E

Desviación del río

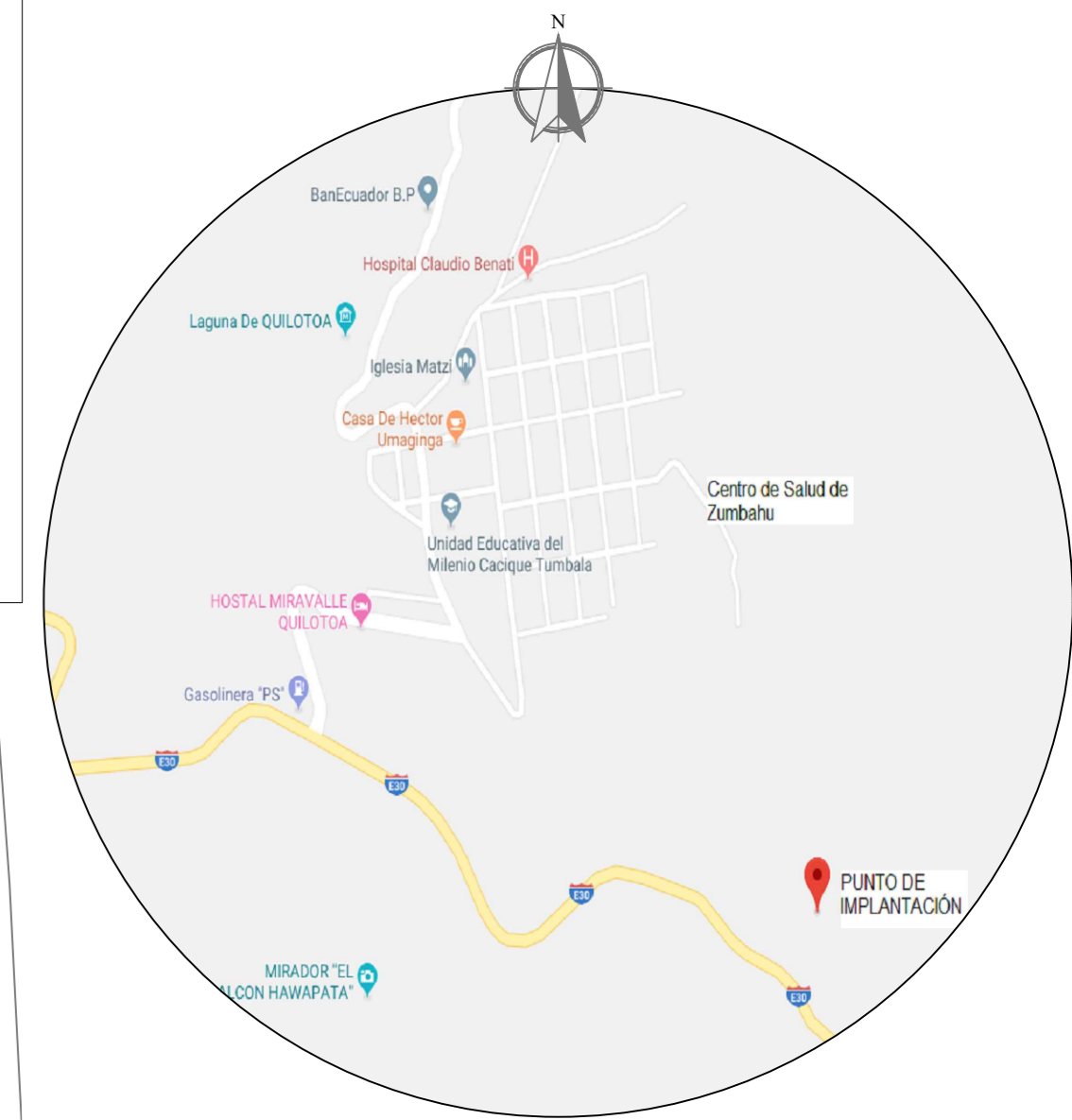
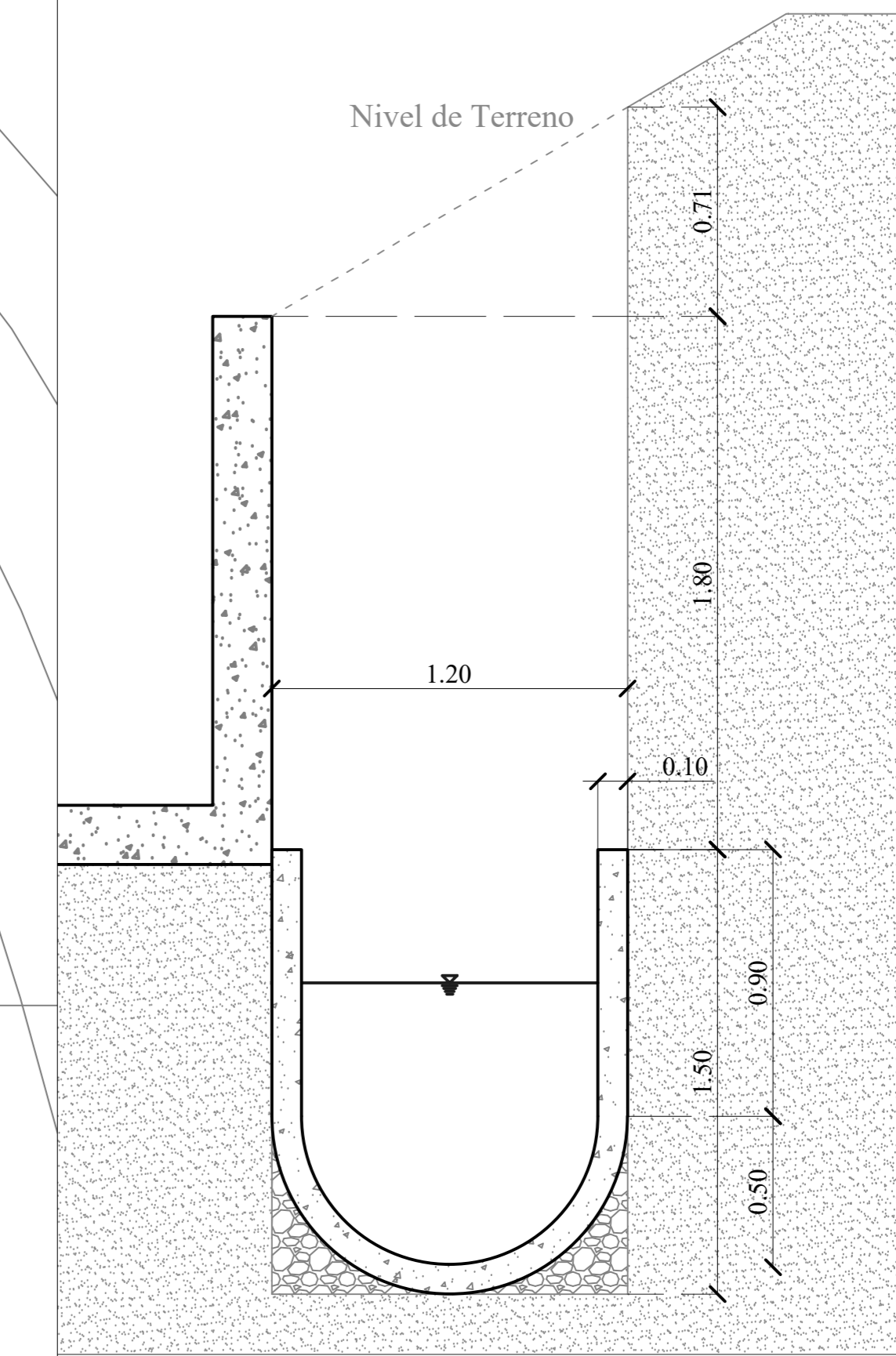
Punto de Implantación

X=734656.7193

Y=9892970.9077

Z=3537.20

Excavación para la desviación del río
Esc: 1:20



- ESPECIFICACIONES TECNICAS:**
1. La estructura es un conjunto monolítico de Azud, muros, losas de cimentación y dentellones, que configuran captación, muro hidráulico, compuerta, rejilla de paso, dissipador, desarenador, caja de válvula y zampado para la captación de agua sobre el río Tiglan localidad Zumbabua
 2. El diseño de la estructura se ha basado en la metodología del BUREAU OF RECLAMATION
 3. Todas las medidas están en metros (m).

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Civil



DESERTACIÓN DE GRADO PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA: Diseño hidráulico, estructural y presupuesto de la estructura de captación en el río Zumbabua para el proyecto de riego de la Junta de Riego "El Tiglan"

UBICACIÓN:
Provincia: Cotacachi
Cantón: Pajón
Parroquia: Zumbabua

AUTOR: Luis Alejandro Aguirre Jaramillo

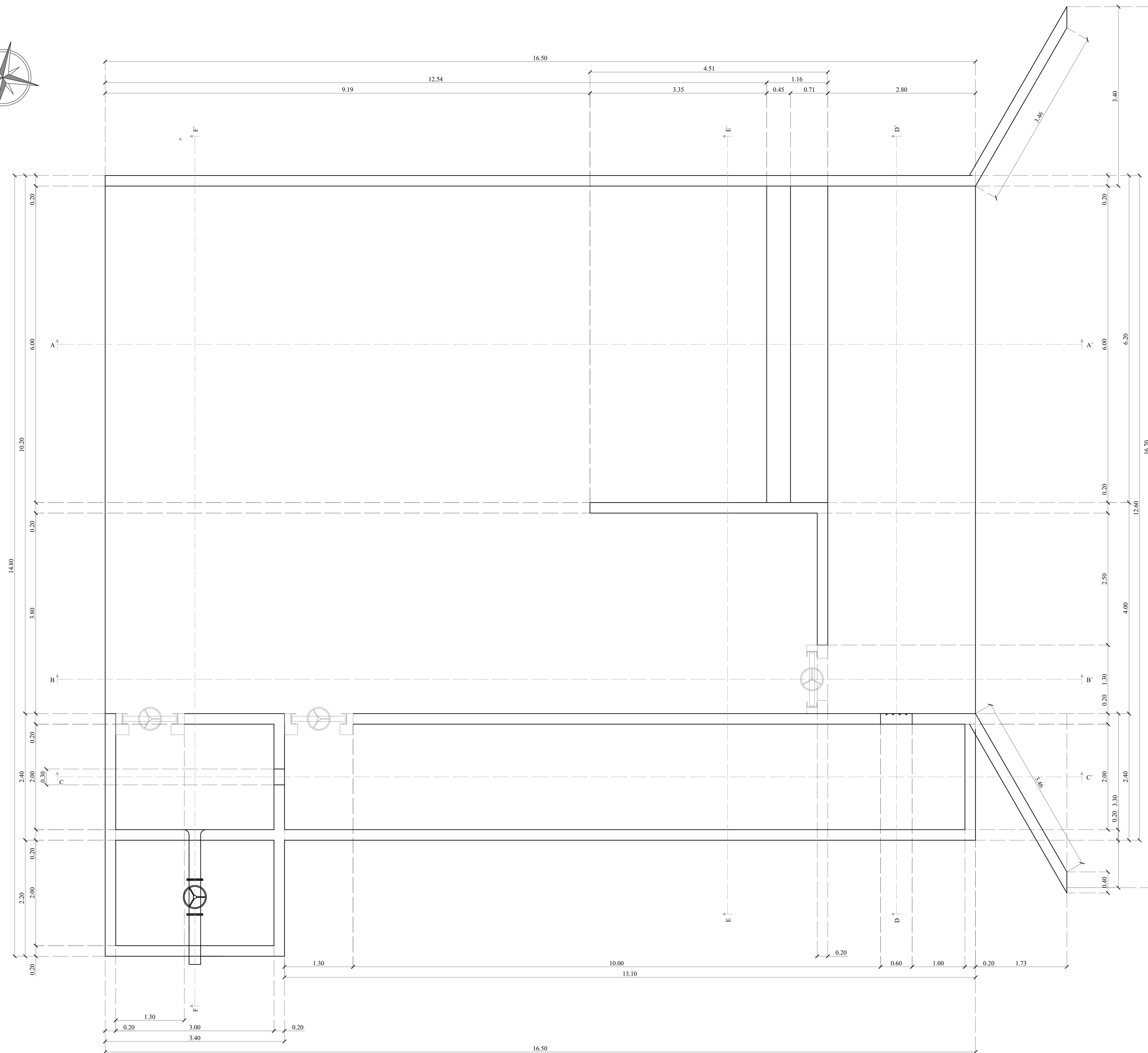
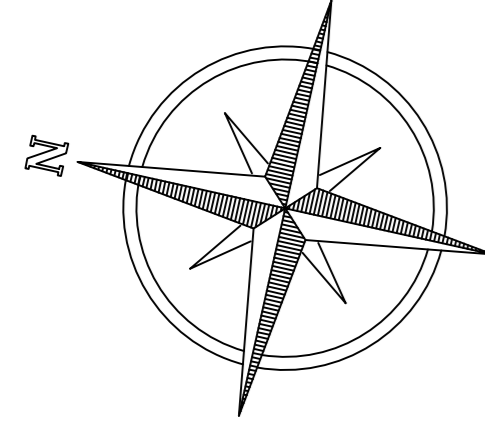
DISEÑO HIDRÁULICO

CONTENIDO:
Plano de Implantación
Desviación del Río

FECHA: Abril 2019

ESCALA: 1:75

PLANO Nº: B-2-5



ESPECIFICACIONES TECNICAS:	
1.	La estructura es un conjunto monolítico de Azud, muros, losas de cimentación y dentellones, que configuran captación, muro hidráulico, compuertas, rejilla de paso, despijador, desarenador, caja de válvula y zampeado para la captación de agua sobre el río Tiglan localidad Zumbabua
2.	El diseño de la estructura se ha basado en la metodología del BUREAU OF RECLAMATION
3.	Todas las medidas están en metros (m).

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
 Facultad de Ingeniería
 Ingeniería Civil



DESERTACIÓN DE GRADO PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA: Diseño hidráulico, estructural y presupuesto de la estructura de captación en el río Zumbabua para el proyecto de riego de la Junta de Riego "El Tiglan"

UBICACIÓN:
 Provincia: Cotacachi
 Cantón: Paquí
 Parroquia: Zumbabua

AUTOR: Luis Alejandro Aguirre Jaramillo

DISEÑO HIDRÁULICO

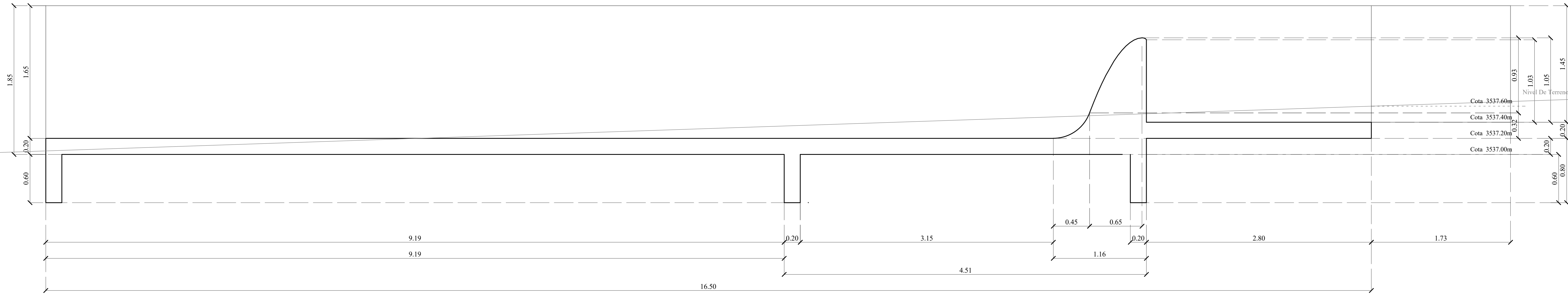
CONTENIDO:
 Planta

FECHA: Abril 2019

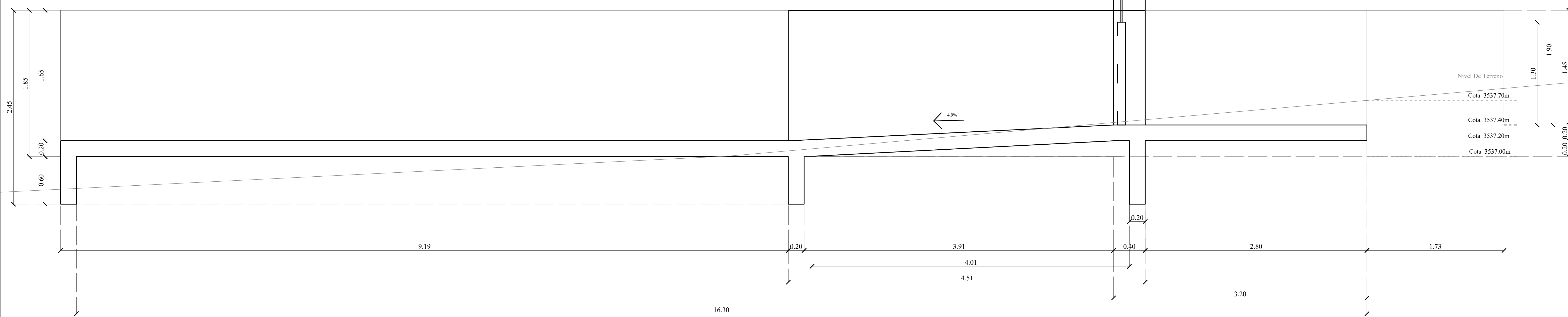
ESCALA: 1:25

PLANO N°: B-3-5

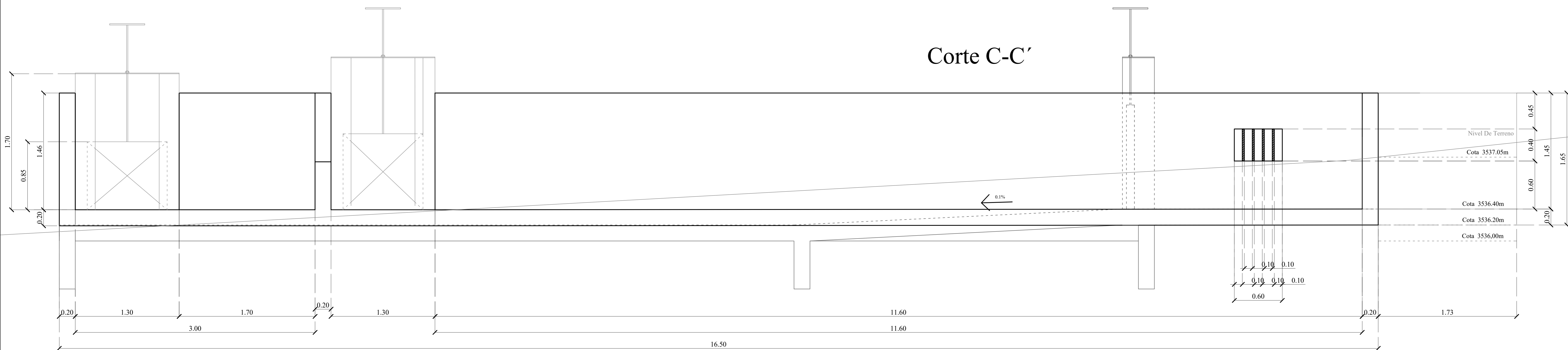
Corte A-A'



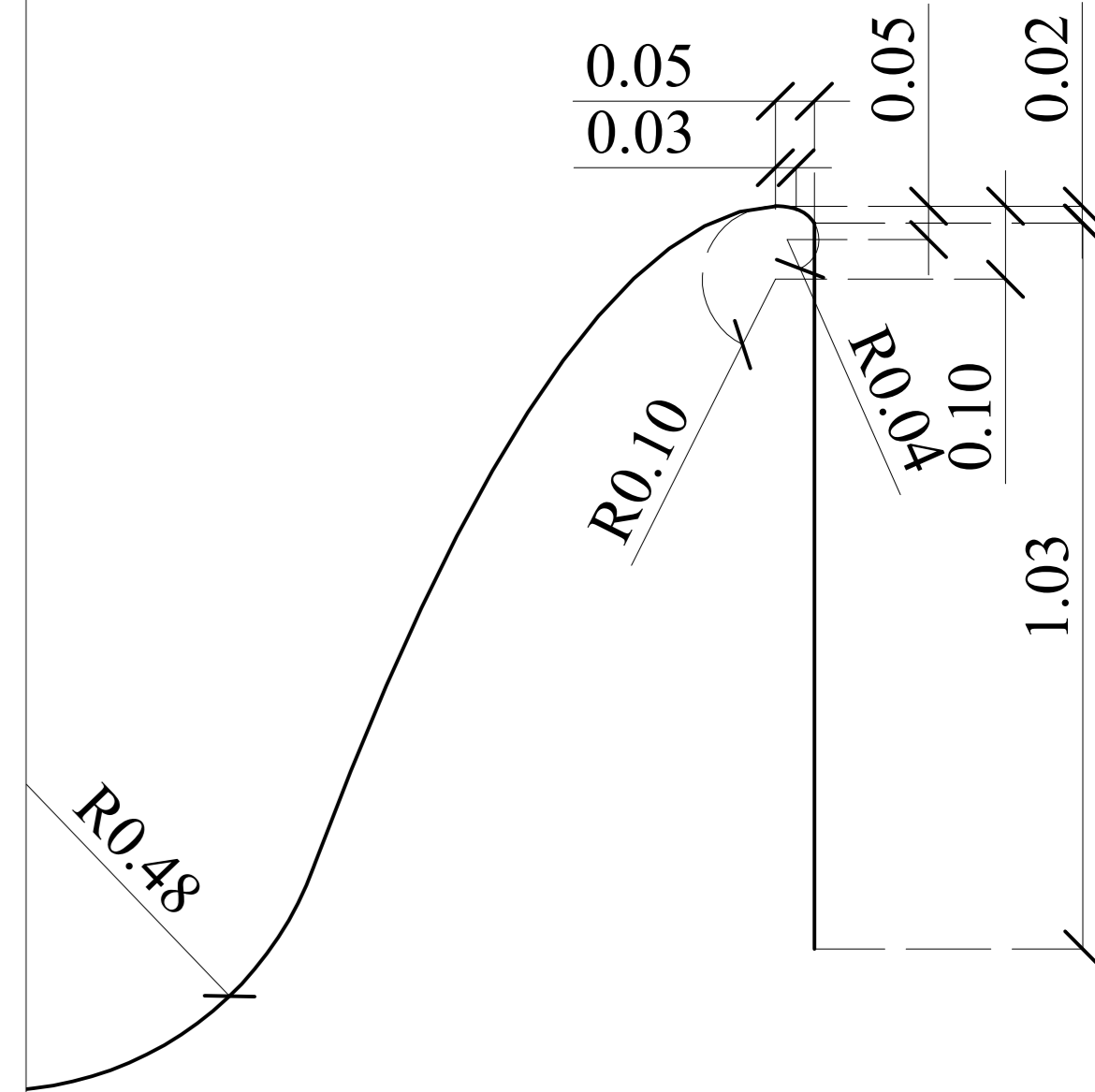
Corte B-B'



Corte C-C'



Perfil de Azud Esc: 1:10



Coordenadas Perfil del Azud	
X	Y
0.000	0.000
-0.050	-0.008
-0.100	-0.028
-0.150	-0.060
-0.200	-0.102
-0.250	-0.155
-0.300	-0.218
-0.350	-0.291
-0.400	-0.374
-0.450	-0.466
-0.500	-0.568
-0.550	-0.678
-0.600	-0.798
-0.650	-0.927
-0.700	-1.065
-0.750	-1.212
-0.800	-1.367

ESPECIFICACIONES TECNICAS:

- La estructura es un conjunto monolítico de Azud, muros, losas de cimentación y dentellones, que configuran captación, muro hidráulico, compuertas, rejilla de paso, despijador, desarenador, caja de válvula y zampado para la captación de agua sobre el río Tiglan localidad Zumbabua
- El diseño de la estructura se ha basado en la metodología del BUREAU OF RECLAMATION
- Todas las medidas están en metros (m).

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

Facultad de Ingeniería
Ingeniería Civil



DESERTACIÓN DE GRADO PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA: Diseño hidráulico, estructural y presupuesto de la estructura de captación en el río Zumbabua para el proyecto de riego de la Junta de Riego "El Tiglan"

UBICACIÓN:
Provincia: Cotacachi
Cantón: Peguín
Parroquia: Zumbabua

AUTOR: Luis Alejandro Aguirre Jaramillo

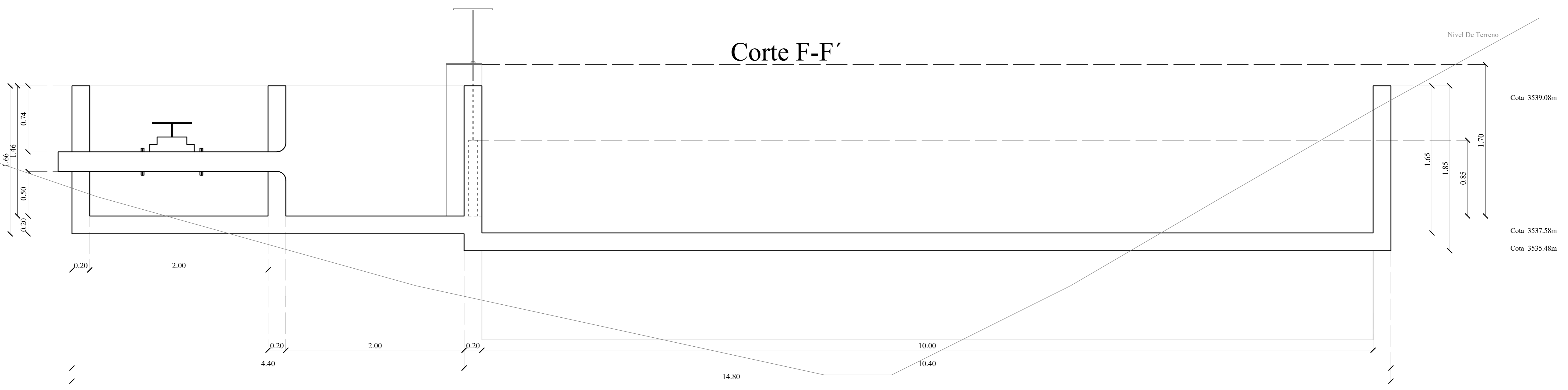
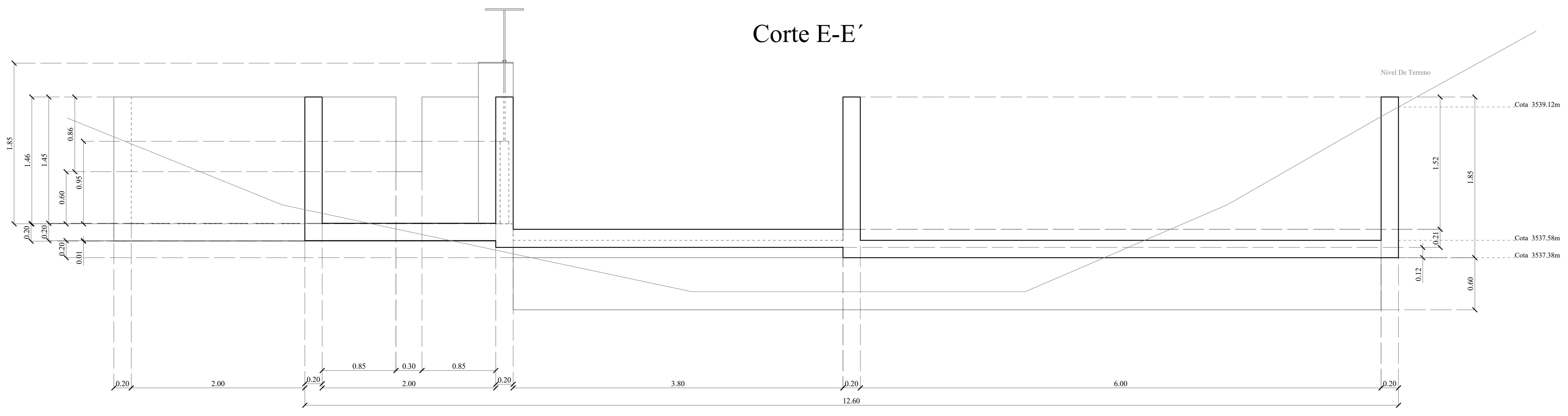
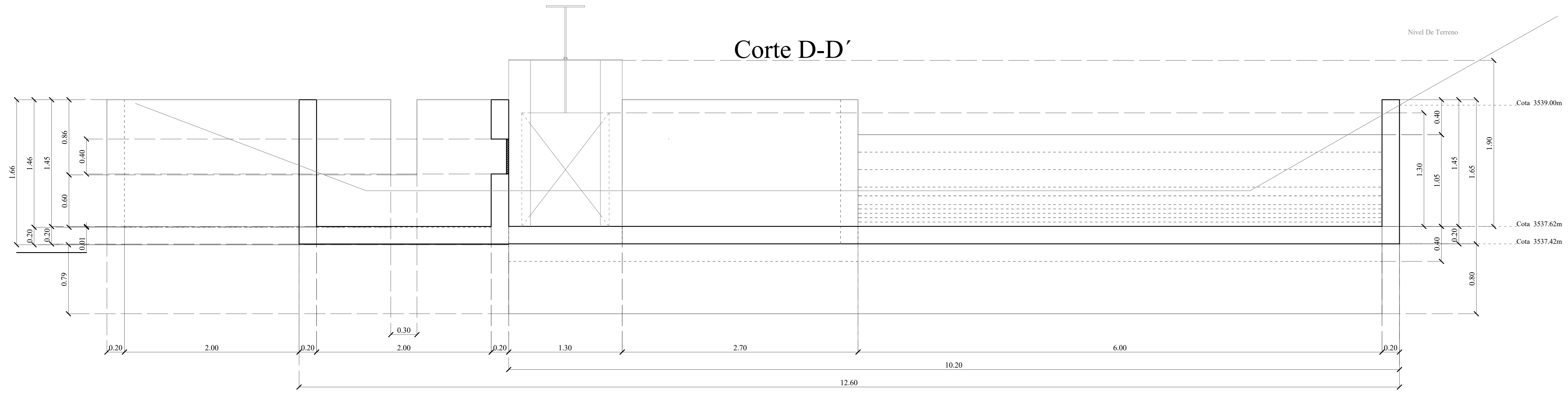
DISEÑO HIDRÁULICO

CONTENIDO:
Cortes Longitudinales

FECHA: Abril 2019

ESCALA: 1:20

PLANO Nº: B-4-5



- ESPECIFICACIONES TECNICAS:**
1. La estructura es un conjunto monolítico de Azud, muros, losas de cimentación y dentellones, que configuran captación, muro hidráulico, compuertas, rejilla de paso, despijador, desarenador, caja de válvula y zampeado para la captación de agua sobre el río Tiglan localidad Zumbabua
 2. El diseño de la estructura se ha basado en la metodología del BUREAU OF RECLAMATION
 3. Todas las medidas están en metros (m).

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Civil

DISERTACIÓN DE GRADO PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA: Diseño hidráulico, estructural y presupuesto de la estructura de captación en el río Zumbabua para el proyecto de riego de la Junta de Riego "El Tiglan"

UBICACIÓN:
Provincia: Cotacachi
Cantón: Peguín
Parroquia: Zumbabua

AUTOR: Luis Alejandro Aguirre Jaramillo

DISEÑO HIDRÁULICO

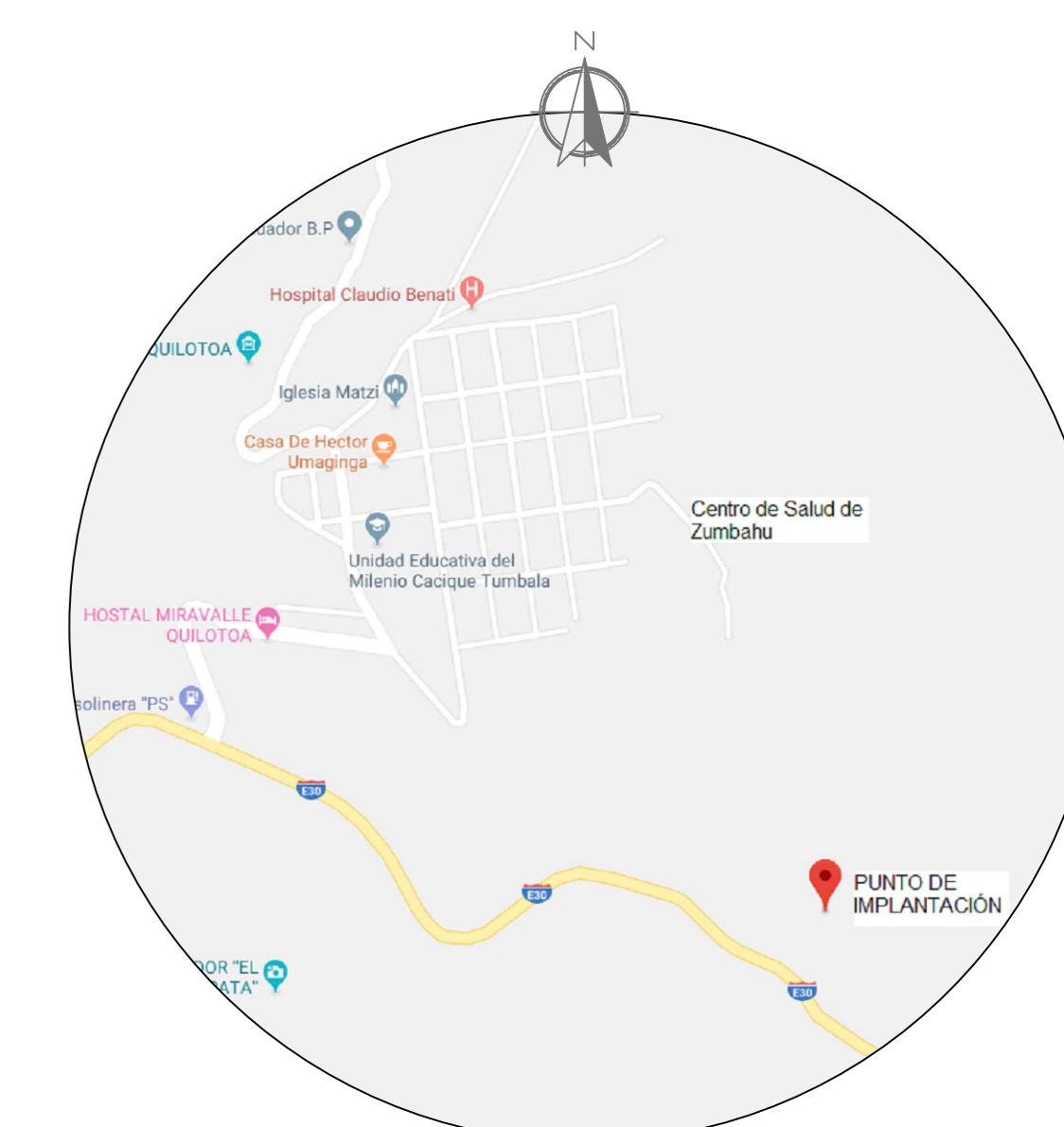
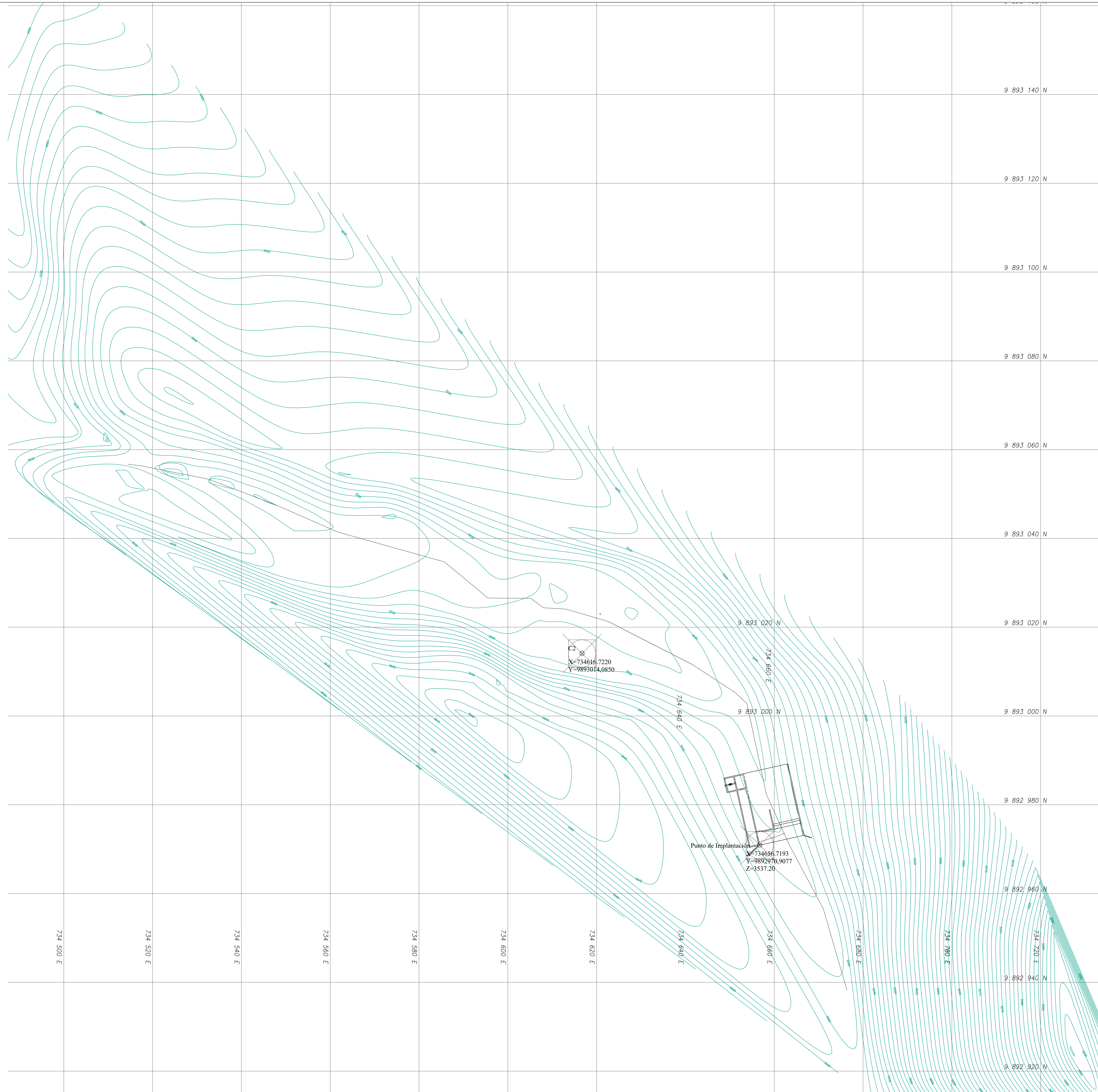
CONTENIDO:
Cortes Transversales

FECHA: Abril 2019

ESCALA: 1:20

PLANO N°: B-55

Anexo G: Planos del diseño estructural.



- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**
- La estructura es un conjunto monolítico de Azud, muros, losas de cimentación y dentellones, que configuran captación, muro hidráulico, compuertas, rejilla de paso, dissipador, decantador, caja de válvula y rampeado para la captación de agua sobre el río Tiglán localidad Zumbahuá.
 - Resistencia de los elementos:
 - Hormigón de la obra Cimentación: $f_c = 240 \text{ Kg/cm}^2$
 - Acero estructural A372
 - Hierro Corrugado $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.
 - El análisis y diseño de la estructura se ha basado en los códigos AISC-360-10 y ACI 318-14
 - El análisis y diseño se realizó en el programa SAP 2000
 - El estudio de suelos fue proporcionado por el departamento de estudio de suelos y ensayo de materiales de la PUC-E que indica una capacidad de carga del suelo de 15 t/m^2 y un coeficiente de balasto de 1801 t/m^3 .
 - Todas las medidas están en metros (m).

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
 Facultad de Ingeniería
 Ingeniería Civil



DESERTACIÓN DE GRADO PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA: Diseño hidráulico, estructural y presupuesto de la estructura de captación en el río Zumbahuá para el proyecto de riego de la Junta de Riego "El Tiglán"

UBICACIÓN:
 Provincia: Cotacachi
 Cantón: Pajón
 Parroquia: Zumbahuá

AUTOR: Luis Alejandro Aguirre Jaramillo

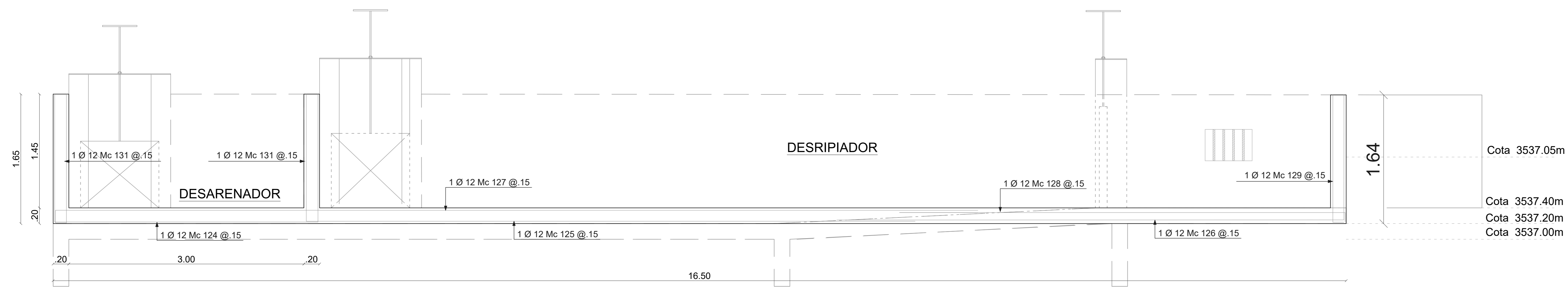
DISEÑO ESTRUCTURAL

CONTENIDO:
 Implantación General

FECHA: Abril 2019

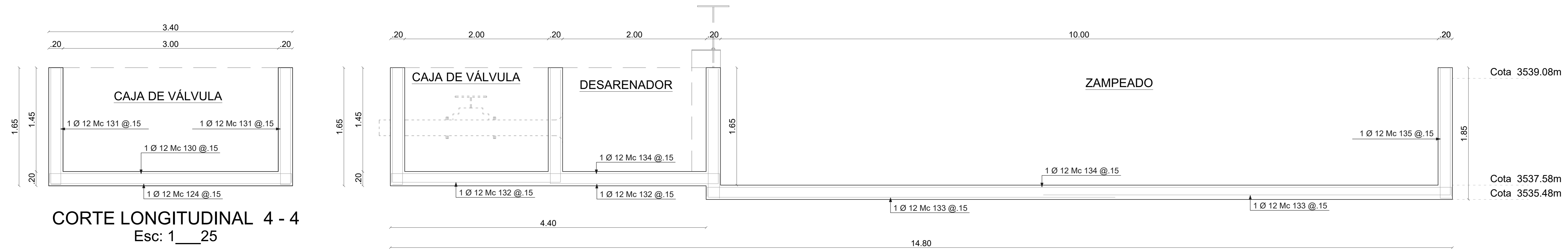
ESCALA: 1:300

PLANO N°: E-1/4



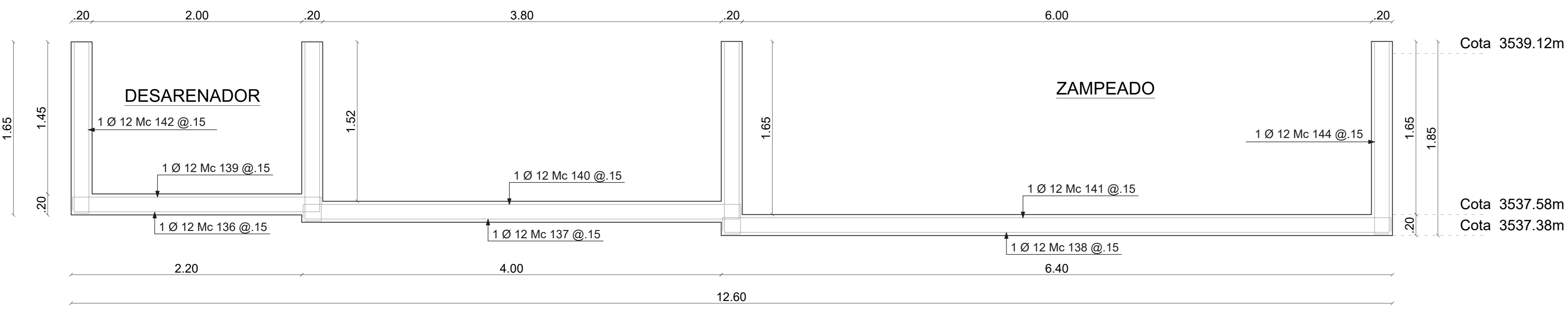
Nota: Los hierros se cortan y se doblan hacia el muro

CORTE LONGITUDINAL 3 - 3
Esc: 1__25



CORTE LONGITUDINAL 4 - 4
Esc: 1__25

CORTE TRANSVERSAL 5 - 5
Esc: 1__25

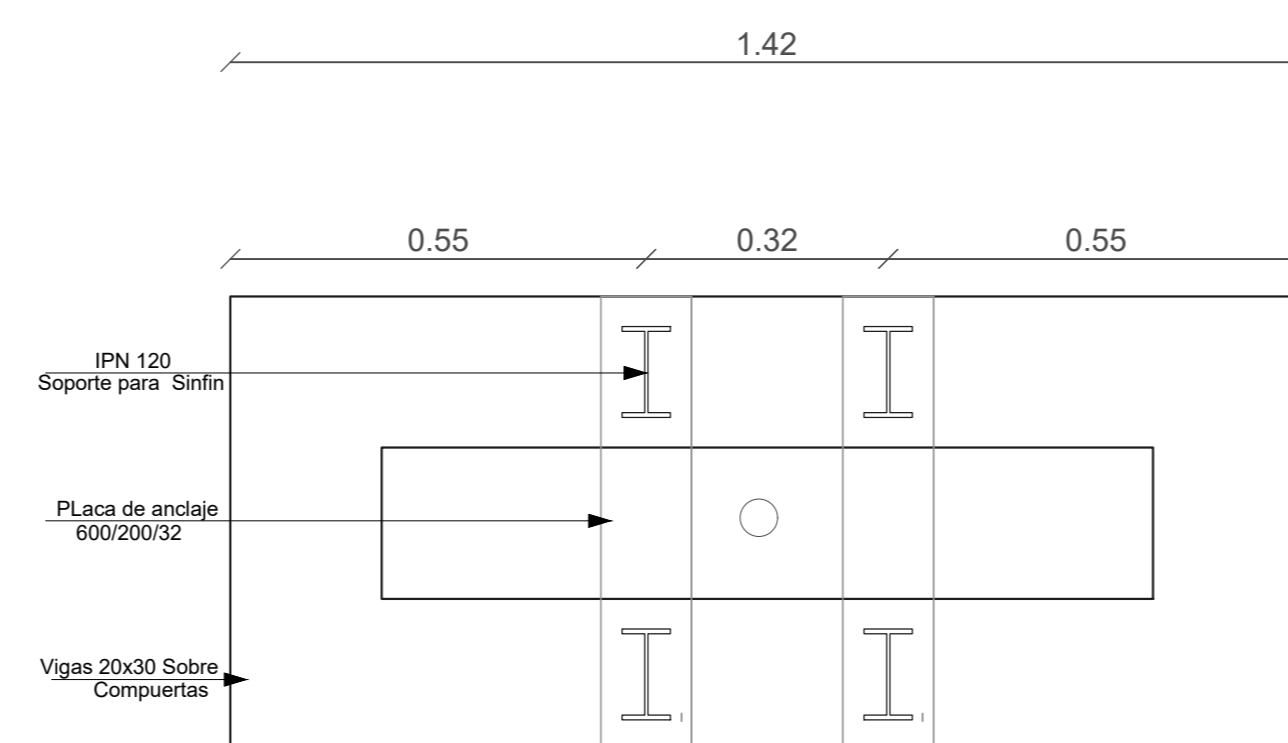
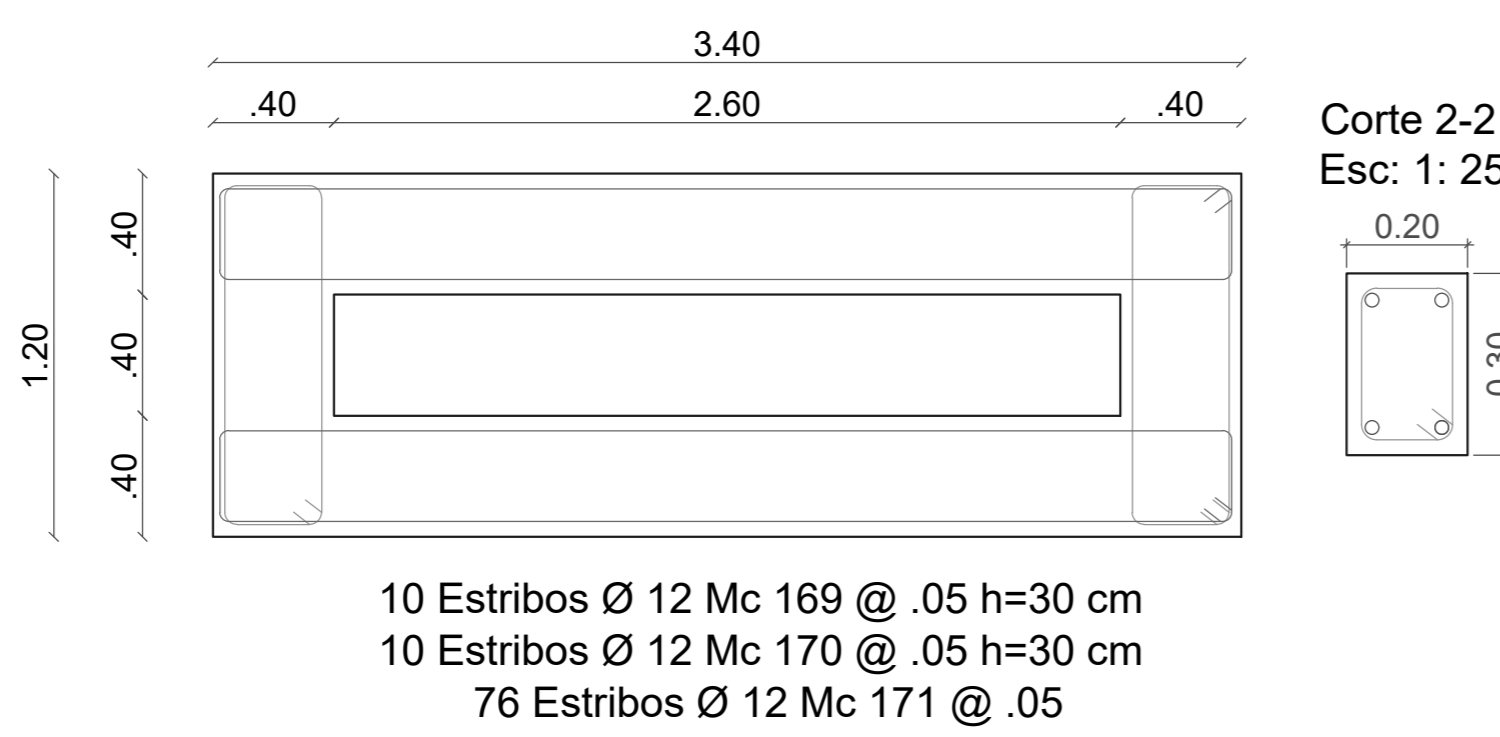
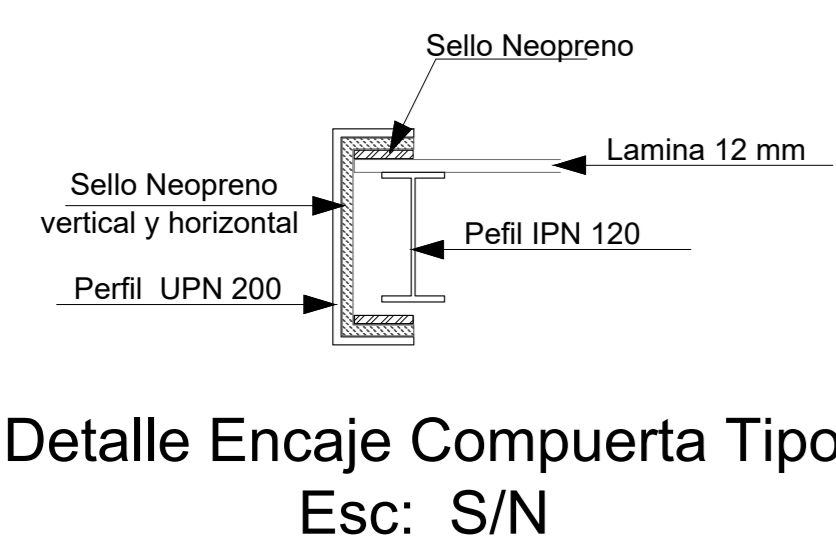


CORTE TRANSVERSAL 6 - 6
Esc: 1__25

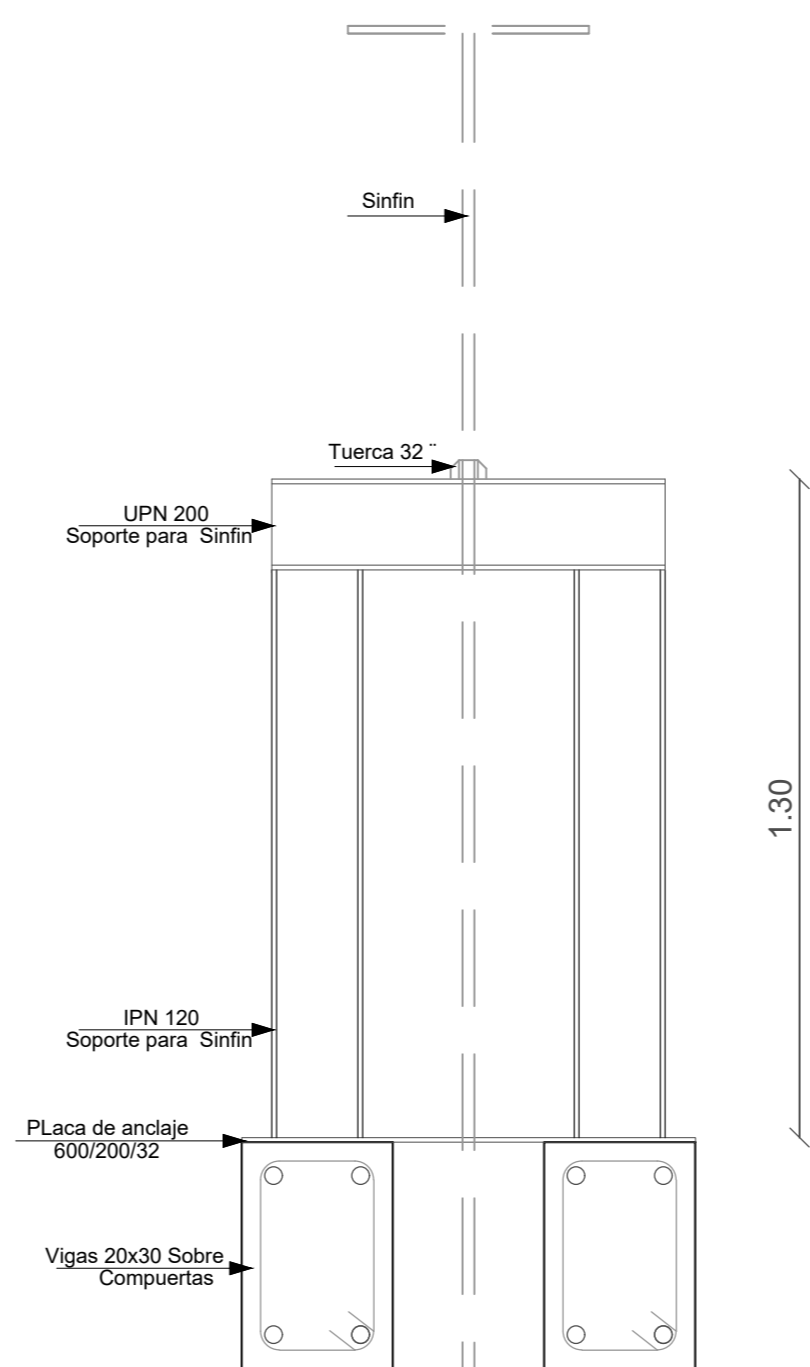
DESCRIPCION	PLANILLA DE ACERO A372 COMPUERTAS						
	cant	long	long. Tot.	perfil	# PERFL.	peso/ml	p.tot
COMPUERTAS 3 UNIDADES							
MARKO EXTERIOR COMPUERTA	3.00	5.08	15.18	UPN 200	2.53	151.8	384.05
MARKO INTERIOR COMPUERTA	3.00	6.80	20.70	IPN 120	28.70	66.80	1978.02
LAMINA COMPUERTA	3.00	1.00	3.00	PL 2000/200/12	3.00	248.60	745.78
COLUMNETAS SOPORTE	12.00	1.30	15.60	IPN 120	18.60	66.80	1238.88
PLACA DE ANCLAJE	6.00	1.00	6.00	PL 600/200/32	6.00	30.14	180.84
VIGA SOPORTE ENFIN	3.00	0.82	2.46	UPN 200	0.26	151.8	39.47
							0.00
						TOTAL kg	4356.13

- ESPECIFICACIONES TECNICAS:**
- La estructura es un conjunto monolítico de Azad, muros, losas de cimentación y dentellones, que configuran captación, muro hidráulico, compuertas, rejilla de paso, desripador, desarenador, caja de válvula y zampado para la captación de agua sobre el río Tiglán localidad Zumbahu.
 - Resistencia de los elementos:
 - Hormigón de la obra: Cimentación: $f_c = 240 \text{ Kg/cm}^2$
 - Acero estructural A372
 - Hierro Corrugado $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.
 - El análisis y diseño de la estructura se ha basado en los códigos AISC-360-10 y ACI 318-14
 - El análisis y diseño se realizó en el programa SAP 2000
 - El estudio de suelos fue proporcionado por el departamento de estudio de suelos y ensayo de materiales de la PUEE que indica una capacidad de carga del suelo de 15 t/m^2 y un coeficiente balasto de 1801 t/m^3 .
 - Todas las medidas están en metros (m).

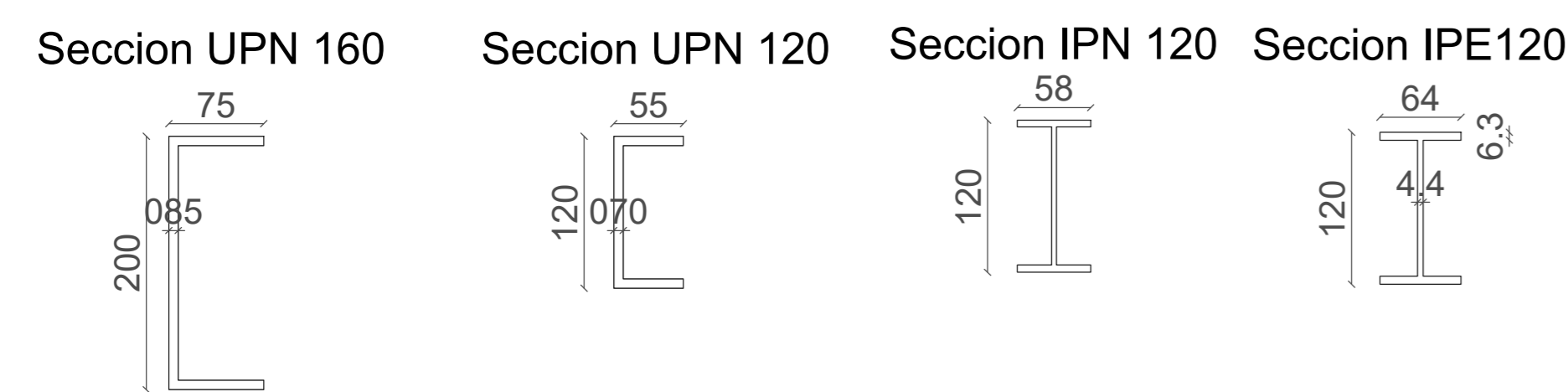
Planta Vigas Sobre Compuertas (3 unidades)



Planta Soporte de Compuerta
ESC 1: 10



Alzado Soporte de Compuerta
ESC 1: 10



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Civil

DESERTACIÓN DE GRADO PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA: Diseño hidráulico, estructural y presupuesto de la estructura de captación en el río Zumbahu para el proyecto de riego de la Junta de Riego "El Tiglán"

UBICACIÓN:
Provincia: Cotacachi
Cantón: Pajón
Parroquia: Zumbahu

AUTOR: Luis Alejandro Aguirre Jaramillo

DISEÑO ESTRUCTURAL

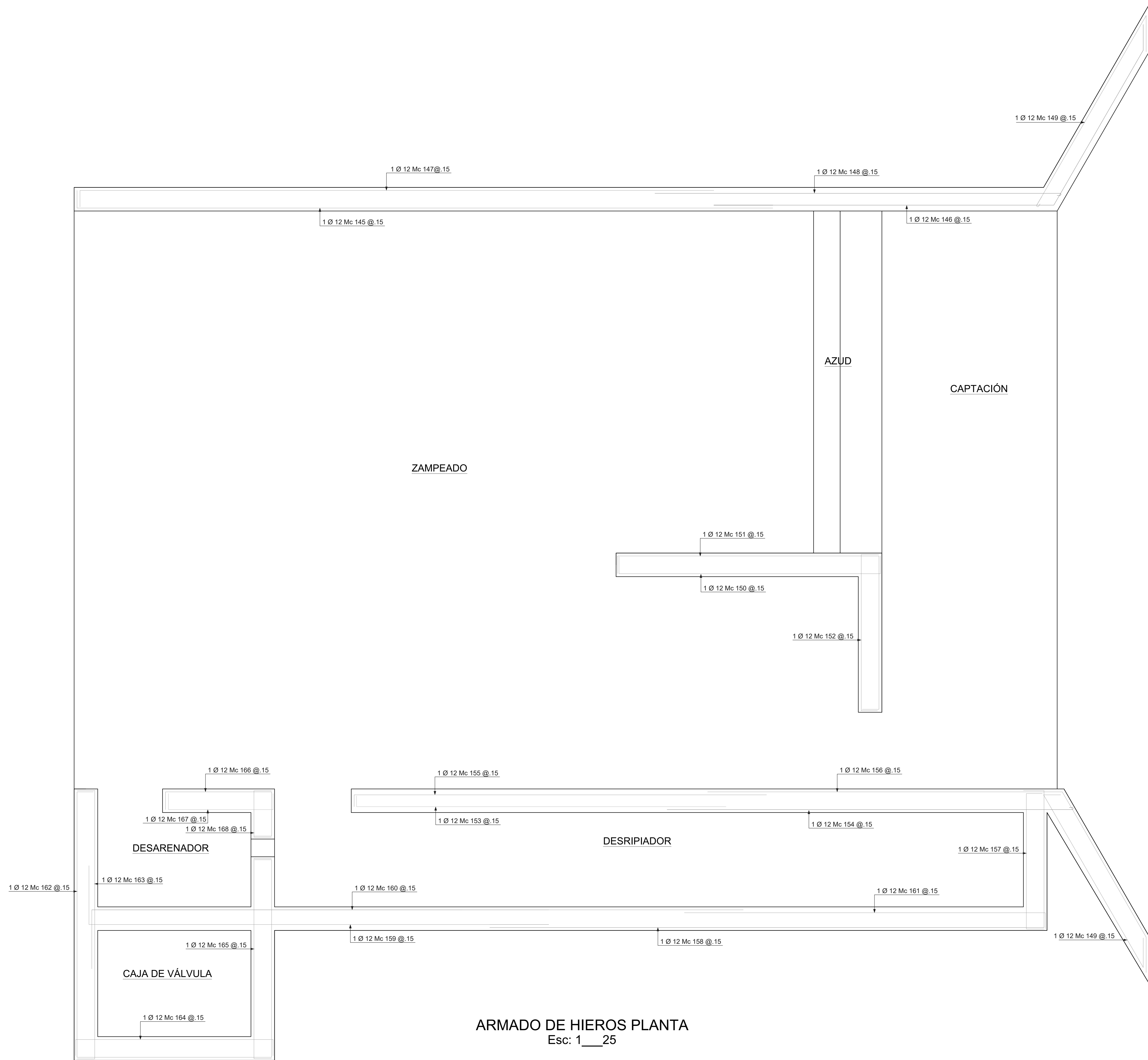
CONTENIDO:

- Corte longitudinal 3-3.
- Corte longitudinal 4-4.
- Corte longitudinal 5-5.
- Corte longitudinal 6-6.
- Detalles.

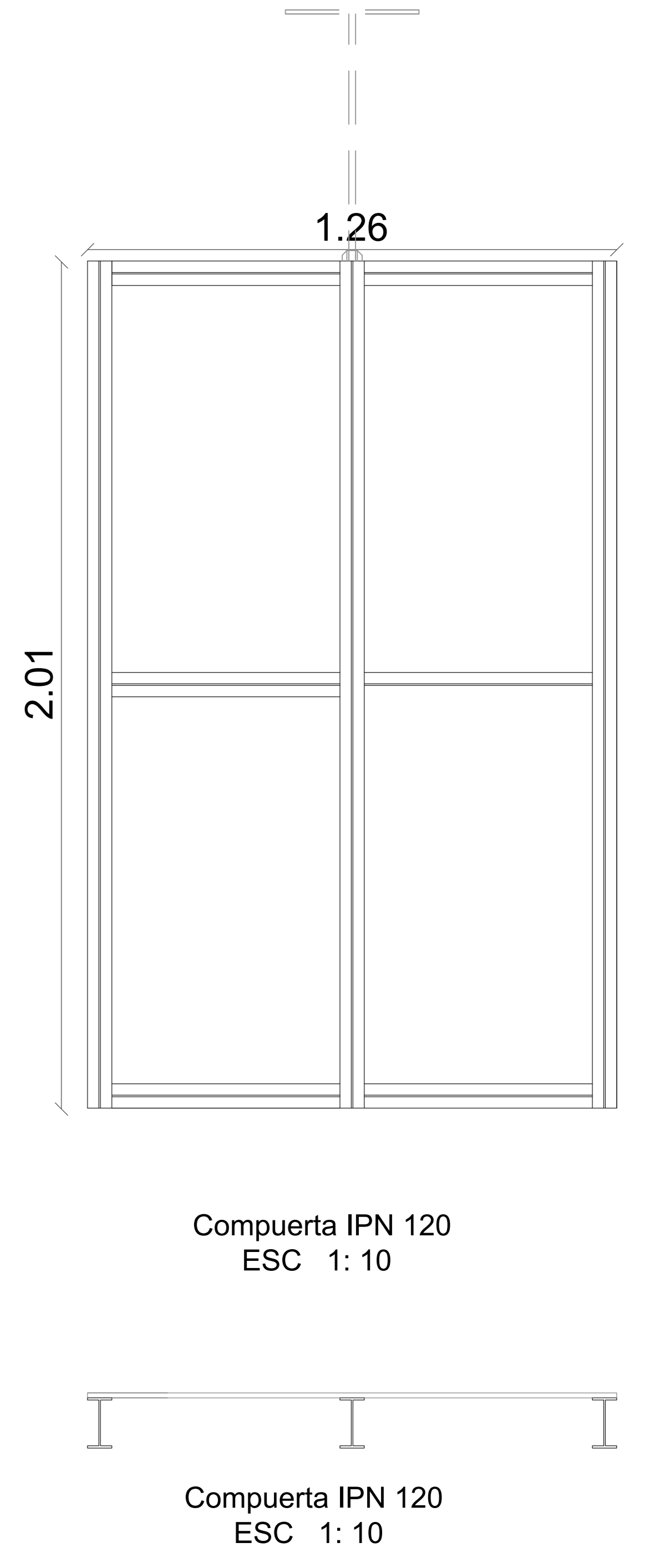
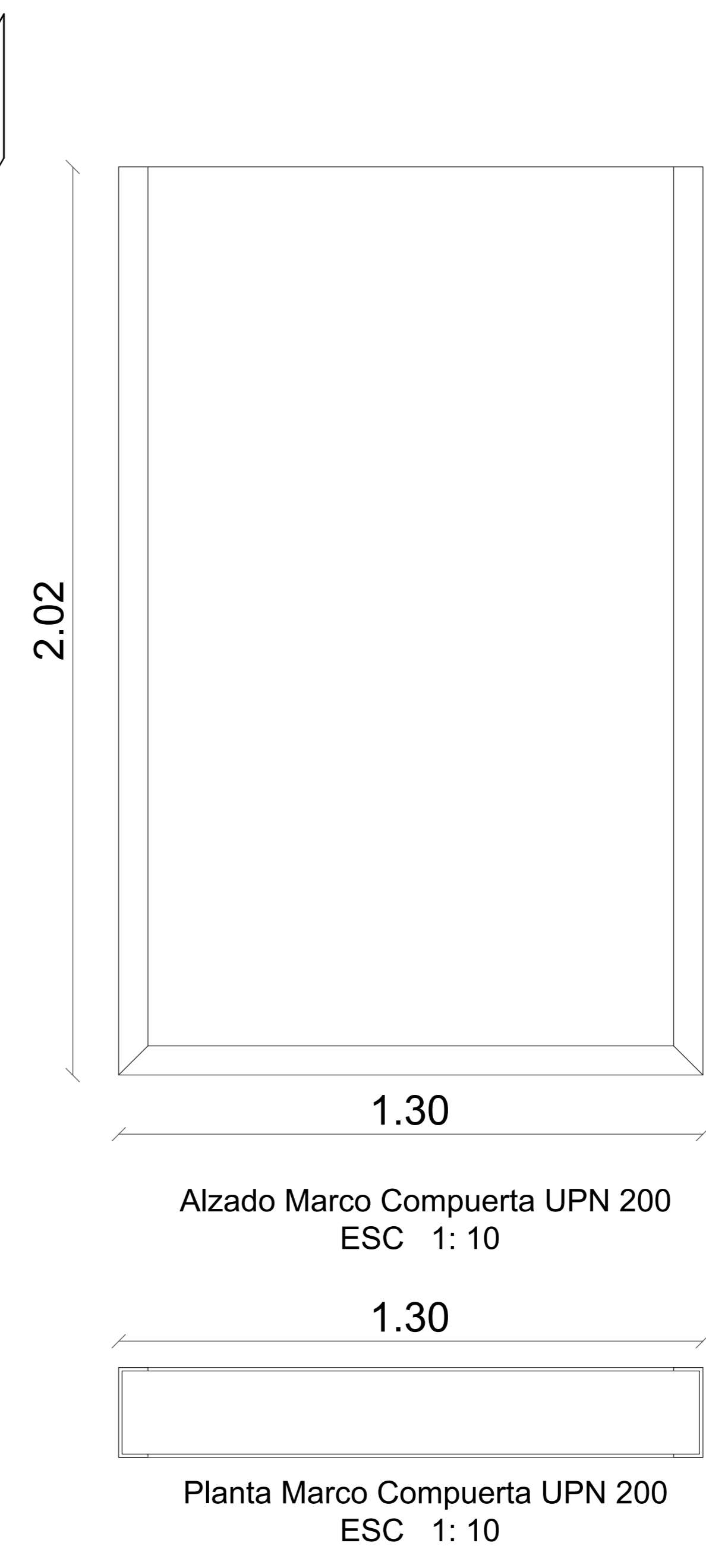
FECHA: Abril 2019

ESCALA: Indicada


PLANO N°: E-3-4



ARMADO DE HIEROS PLANTA
Esc: 1__25



- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**
- La estructura es un conjunto monolítico de Azud, muros, losas de cimentación y dentellones, que configuran captación, muro hidráulico, compuertas, rejilla de paso, desripador, desarenador, caja de válvula y zampeado para la captación de agua sobre el río Tiglán localidad Zumbabua.
 - Resistencia de los elementos:
 - Hormigón de la obra Cimentación: $f_c = 240 \text{ Kg/cm}^2$
 - Acero estructural A372
 - Hierro Corrugado $E_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.
 - El análisis y diseño de la estructura se ha basado en los códigos AISC-360-10 y ACI 318-14
 - El análisis y diseño se realizó en el programa SAP 2000
 - El estudio de suelos fue proporcionado por el departamento de estudio de suelos y ensayo de materiales de la PUCE que indica una capacidad de carga del suelo de 15 t/m^2 y un coeficiente balasto de 1801 t/m^3 .
 - Todas las medidas están en metros (m).

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR Facultad de Ingeniería Ingeniería Civil	
 Pontificia Universidad Católica del Ecuador	
DISERTACIÓN DE GRADO PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL	
TEMA: Diseño hidráulico, estructural y presupuesto de la estructura de captación en el río Zumbabua para el proyecto de riego de la Junta de Riego "El Tiglán"	
UBICACIÓN: Provincia: Cotacachi Cantón: Peguín Parroquia: Zumbabua	
AUTOR:	Luis Alejandro Aguirre Jaramillo
DISEÑO ESTRUCTURAL	
CONTENIDO:	-Armado de Hierros en Planta -Detalles
FECHA:	Abril 2019
ESCALA:	Indicada
PLANO Nº:	E-44

Anexo H: Análisis de precios unitarios.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA DE CIVIL
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PAGINA:	1
---------	---

CODIGO : TP-01

REND (U/H): 4.00

RUBRO : Excavación a mano (suelo en riveras del río)

K (H/U): 0.2500

OBRA : ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN EN EL RÍO ZUMBABUA PARA EL PROYECTO DE RIEGO DE LA JUNTA DE RIEGO DE EL TIGLÁN

UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi

Cantón Pujilí

Parroquia Zumbahua

UNIDAD: M2

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 2% de MO					0.04
SUBTOTAL E					0.04

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	2.0	3.58	7.16	0.2500	1.79
SUBTOTAL MO					1.79

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL M					0.00

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO
		A	B	C	D = A x B x C
SUBTOTAL T					0.00

Elaborado por: Luis Alejandro Aguirre Jaramillo	TOTAL COSTO DIRECTO (E+MO+M+T)	1.83
	INDIRECTOS Y UTILIDADES:	20.00% 0.37
	COSTO TOTAL DEL RUBRO:	2.191
	VALOR OFERTADO:	2.19

Zumbahua, a abril de 2019
 Nota: Se deberá considerar el IVA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA DE CIVIL
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PAGINA:	4
---------	---

CODIGO : ER-01

REND (U/H): 0.80

RUBRO : Excavación y relleno a mano para nivelación de la plataforma para la estructura de captación

K (H/U): 1.2500

OBRA : ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN EN EL RÍO ZUMBAHUA PARA EL PROYECTO DE RIEGO DE LA JUNTA DE RIEGO DE EL TIGLÁN

UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi

Cantón Pujilí

Parroquia Zumbahua

UNIDAD: m3

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 2% de MO					0.28
SUBTOTAL E					0.28

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro de obra	1.0	4.01	4.01	1.2500	5.01
Peón	2.0	3.58	7.16	1.2500	8.95
SUBTOTAL MO					13.96

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL M					0.00

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL T					0.00

Elaborado por: Luis Alejandro Aguirre Jaramillo	TOTAL COSTO DIRECTO (E+MO+M+T)	14.24
	INDIRECTOS Y UTILIDADES:	2.85
	COSTO TOTAL DEL RUBRO:	17.087
	VALOR OFERTADO:	17.09

Zumbahua, a abril de 2019
 Nota: Se deberá considerar el IVA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA DE CIVIL
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PAGINA: 5

CODIGO : ER-02

REND (U/H): 0.80

RUBRO : Excavación en roca para anclaje de muros de ala

K (H/U): 1.2500

OBRA : ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN EN EL RÍO ZUMBABUA PARA EL PROYECTO DE RIEGO DE LA JUNTA DE RIEGO DE EL TIGLÁN

UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi

Cantón Pujilí

Parroquia Zumbahua

UNIDAD: m3

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Compresor de aire 250 cfm de 95 HP	1.00	16.59	16.59	1.2500	20.74
Martillo neumático	1.00	19.92	19.92	1.2500	24.90
Herramienta menor 5% de MO					1.48
SUBTOTAL E					47.11
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	1	B	C = A x B	R	D = C x R
Operador de compresor	1.0	3.62	3.62	1.2500	4.53
Operador de equipo liviano	2.0	3.62	7.24	1.2500	9.05
Maestro de obra	0.5	4.01	2.01	1.2500	2.506
Peón	3.0	3.58	10.74	1.2500	13.43
SUBTOTAL MO					29.51
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
SUBTOTAL M					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL T					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (E+MO+M+T)					76.62
INDIRECTOS Y UTILIDADES:				20.00%	15.32
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					91.943
VALOR OFERTADO:					91.94

Elaborado por: Luis Alejandro Aguirre Jaramillo

Zumbahua, a abril de 2019

Nota: Se deberá considerar el IVA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA DE CIVIL
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PAGINA:	9
---------	---

CODIGO : E-04

REND (U/H): 55.00

RUBRO : Acero de refuerzo en barras f'y= 4200 kg/cm2

K (H/U): 0.0182

OBRA : ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN EN EL RÍO ZUMBABUA PARA EL PROYECTO DE RIEGO DE LA JUNTA DE RIEGO DE EL TIGLÁN

UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi

Cantón Pujilí

Parroquia Zumbahua

UNIDAD: Kg

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Cortadora dobladora de hierro	1.00	3.52	3.52	0.0182	0.06
Soldadora	1.00	2.45	2.45	0.0182	0.04
Herramienta menor 5% de MO					0.01
SUBTOTAL E					0.12
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro de obra	1.0	4.01	4.01	0.0182	0.07
Maestro soldador especializado	1.0	3.66	3.66	0.0182	0.07
Fierrero	1.0	3.62	3.62	0.0182	0.07
Ayudante de fierrero	1.0	3.58	3.58	0.0182	0.07
SUBTOTAL MO					0.27
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Alambre galv. #18	Kg	0.10	2.07	0.21	
Varillas 12 mm	Kg	1.05	1.07	1.12	
SUBTOTAL M					1.33
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO
		A	B	C	D = A x B x C
Alambre galv. #18	Kg	1.00	0.025	0.10	0.003
Varillas 12 mm	Kg	1.00	0.025	1.05	0.026
SUBTOTAL T					0.03
TOTAL COSTO DIRECTO (E+MO+M+T)					1.75
INDIRECTOS Y UTILIDADES:					20.00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					2.102
VALOR OFERTADO:					2.10

Elaborado por: Luis Alejandro Aguirre Jaramillo
Zumbahua, a abril de 2019
Nota: Se deberá considerar el IVA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA DE CIVIL
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PAGINA: 12

CODIGO : A-01

REND (U/H): 4.00

RUBRO : Masillado con impermeabilizante, e= 5 mm más pintura impermeabilizante

K (H/U): 0.2500

OBRA : ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN EN EL RÍO ZUMBABUA PARA EL PROYECTO DE RIEGO DE LA JUNTA DE RIEGO DE EL TIGLÁN

UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi

Cantón Pujilí

Parroquia Zumbahua

UNIDAD: m2

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 2% de MO					0.05
SUBTOTAL E					0.05
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro de obra	0.5	4.01	2.01	0.2500	0.50
Albañil	1.0	3.58	3.58	0.2500	0.90
Ayudante de albañil	1.0	3.58	3.58	0.2500	0.90
SUBTOTAL MO					2.29
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Mortero para enlucidos	kg	10.00	0.149	1.49	
Impermeabilizante (pintura)	m2	1.000	2.287	2.29	
SUBTOTAL M					3.78
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO
		A	B	C	D = A x B x C
Transporte de mortero en acémila	kg	1.00	0.025	10.00	0.25
Transporte de pintura en acémila	kg	1.00	0.025	0.77	0.02
SUBTOTAL T					0.27
TOTAL COSTO DIRECTO (E+MO+M+T)					6.38
INDIRECTOS Y UTILIDADES:					1.28
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					7.658
VALOR OFERTADO:					7.66

Elaborado por: Luis Alejandro Aguirre Jaramillo

Zumbahua, a abril de 2019

Nota: Se deberá considerar el IVA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA DE CIVIL
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PAGINA: 13

CODIGO : DC-03

REND (U/H): 1.00

RUBRO : Suministro, fabricación y montaje de Acero Estructural Tipo ASTM A-572

K (H/U): 1.0000

OBRA : ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN EN EL RÍO ZUMBAHUA PARA EL PROYECTO DE RIEGO DE LA JUNTA DE RIEGO DE EL TIGLÁN

UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi

Cantón Pujilí

Parroquia Zumbahua

UNIDAD: kg

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Motosoldadora	1.00	5.50	6.00	0.0133	0.08
Equipo de oxicorte	1.00	4.30	4.72	0.0133	0.06
Equipo de taller	1.00	2.20	2.38	0.0133	0.03
Equipo de campo	1.00	2.75	2.90	0.0133	0.04
Grúa de patio	1.00	43.15	49.60	0.0133	0.66
Grúa telescópica	1.00	56.40	60.30	0.0133	0.80
SUBTOTAL E					1.67

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro soldador especializado	2.0	4.01	8.02	0.0133	0.11
Ayudante de maquinaria	1.0	3.62	3.62	0.0133	0.05
Soldador electrico y/o acetileno	1.0	3.62	3.62	0.0133	0.05
Operador Grúa estacionaria	1.0	4.01	4.01	0.0133	0.05
Peón	4.0	3.58	14.32	0.0133	0.19
SUBTOTAL MO					0.45

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Acero estructural ASTM -A-36	Kg	1.03	1.78	1.83	
Electrodos	Kg	0.02	3.80	0.08	
Oxigeno	m3	0.01	5.95	0.06	
Material obra falsa	Global	1.00	0.12	0.12	
SUBTOTAL M					2.09

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO
		A	B	C	D = A x B x C
Transporte de Acero estructural en acémila	Kg	1	0.025	1.03	0.026
SUBTOTAL T					0.03

Elaborado por: Luis Alejandro Aguirre Jaramillo	TOTAL COSTO DIRECTO (E+MO+M+T)	4.24
	INDIRECTOS Y UTILIDADES:	21.85% 0.93
	COSTO TOTAL DEL RUBRO:	5.166
	VALOR OFERTADO:	5.17

Zumbahua, a abril de 2019
 Nota: Se deberá considerar el IVA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA DE CIVIL
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PAGINA:	15
REND (U/H):	1.00
K (H/U):	1.0000

CODIGO : AH-03
RUBRO : Válvula para tubería de 160 mm
OBRA : ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN EN EL RÍO ZUMBAHUA PARA EL PROYECTO DE RIEGO DE LA JUNTA DE RIEGO DE EL TIGLÁN
UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi Cantón Pujilí Parroquia Zumbahua **UNIDAD:** m

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor (5% MO)					0.38
SUBTOTAL E					0.38

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro plomero	1.0	4.01	4.01	1.0000	4.01
Peón	1.0	3.58	3.58	1.0000	3.58
SUBTOTAL MO					7.59

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Válvula para tubería de 160 mm	u	1.00	274.20	274.20	
SUBTOTAL M				274.20	

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO
		A	B	C	D = A x B x C
SUBTOTAL T					0.00

Elaborado por: Luis Alejandro Aguirre Jaramillo Zumbahua, a abril de 2019 Nota: Se deberá considerar el IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (E+MO+M+T)	282.17
	INDIRECTOS Y UTILIDADES:	20.00% 56.43
	COSTO TOTAL DEL RUBRO:	338.603
	VALOR OFERTADO:	338.60

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA DE CIVIL
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PAGINA: 16

CODIGO : AH-04

REND (U/H): 1.30

RUBRO : Provisión e Instalación de tubería de PVC de 160 mm

K (H/U): 0.7692

OBRA : ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN EN EL RÍO ZUMBABUA PARA EL PROYECTO DE RIEGO DE LA JUNTA DE RIEGO DE EL TIGLÁN

UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi

Cantón Pujilí

Parroquia Zumbahua

UNIDAD: m

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor (5% MO)	1.0	1.00	1.00	0.7692	0.29
SUBTOTAL E					0.29
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro plomero	1.0	4.01	4.01	0.7692	3.08
Peón	1.0	3.58	3.58	0.7692	2.75
SUBTOTAL MO					5.84
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Tubería PVC, D= 160 mm	m	1.05	9.39	9.86	
SUBTOTAL M					9.86
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO
		A	B	C	D = A x B x C
Tubería PVC, D= 160 mm	m	1	0.170	1.05	0.18
SUBTOTAL T					0.18
TOTAL COSTO DIRECTO (E+MO+M+T)					16.17
INDIRECTOS Y UTILIDADES:					3.23
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					19.402
VALOR OFERTADO:					19.40

Elaborado por: Luis Alejandro Aguirre Jaramillo

Zumbahua, a abril de 2019
 Nota: Se deberá considerar el IVA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA DE CIVIL
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PAGINA: 18

CODIGO : DC-02

REND (U/H): 1.00

RUBRO : Limpieza de derrumbos

K (H/U): 1.0000

OBRA : ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN EN EL RÍO ZUMBAHUA PARA EL PROYECTO DE RIEGO DE LA JUNTA DE RIEGO DE EL TIGLÁN

UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi

Cantón Pujilí

Parroquia Zumbahua

UNIDAD: m3

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 2% de MO					0.22
SUBTOTAL E					0.22
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro de obra	1.0	4.01	4.01	1.0000	4.01
Peón	2.0	3.58	7.16	1.0000	7.16
SUBTOTAL MO					11.17
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL M					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL T					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (E+MO+M+T)					11.39
INDIRECTOS Y UTILIDADES:					2.28
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					13.672
VALOR OFERTADO:					13.67

Elaborado por: Luis Alejandro Aguirre Jaramillo

Zumbahua, a abril de 2019

Nota: Se deberá considerar el IVA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA DE CIVIL
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PAGINA:	22
REND (U/H):	0.20
K (H/U):	5.0000

CODIGO : 220-(1)
RUBRO : Charlas de concientización a comunidades y trabajadores
OBRA : ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN EN EL RÍO ZUMBABUA PARA EL PROYECTO DE RIEGO DE LA JUNTA DE RIEGO DE EL TIGLÁN
UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi Cantón Pujilí Parroquia Zumbahua **UNIDAD:** u

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
SUBTOTAL E					0.00

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Inspector de obra	1.0	3.66	3.66	5.0000	18.30
Conferencista ambiental	1.0	30.00	30.00	5.0000	150.00
SUBTOTAL MO					168.30

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Equipo de proyección	u	1.00	10.00	10.00	
Láminas, diapositivas, etc	u	1.00	21.50	21.50	
SUBTOTAL M					31.50

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO
		A	B	C	D = A x B x C
SUBTOTAL T					0.00

Elaborado por: Luis Alejandro Aguirre Jaramillo Zumbahua, a abril de 2019 Nota: Se deberá considerar el IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (E+MO+M+T)	199.80
	INDIRECTOS Y UTILIDADES:	20.00% 39.96
	COSTO TOTAL DEL RUBRO:	239.760
	VALOR OFERTADO:	239.76

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA DE CIVIL
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PAGINA: 23

CODIGO : 220-(6)E

RUBRO : Comunicados radiales

OBRA : ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN EN EL RÍO ZUMBABUA PARA EL PROYECTO DE RIEGO DE LA JUNTA DE RIEGO DE EL TIGLÁN

UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi Cantón Pujilí Parroquia Zumbahua UNIDAD: cada uno

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
SUBTOTAL E					0.00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
SUBTOTAL MO					0.00
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Comunicaciones radiales	minuto	1.00	3.75	3.75	
SUBTOTAL M					3.75
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO
		A	B	C	D = A x B x C
SUBTOTAL T					0.00
Elaborado por: Luis Alejandro Aguirre Jaramillo					
TOTAL COSTO DIRECTO (E+MO+M+T)					3.75
INDIRECTOS Y UTILIDADES:					20.00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					4.500
VALOR OFERTADO:					4.50

Zumbahua, a abril de 2019
 Nota: Se deberá considerar el IVA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA DE CIVIL
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PAGINA: 24

CODIGO : 220-(4)
RUBRO : Hojas volantes y Trípticos informativos
OBRA : ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN EN EL RÍO ZUMBABUA PARA EL PROYECTO DE RIEGO DE LA JUNTA DE RIEGO DE EL TIGLÁN
UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi Cantón Pujilí Parroquia Zumbahua **UNIDAD:** u

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
SUBTOTAL E					0.00

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG.)	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
SUBTOTAL MO					0.00

MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Instructivos o Trípticos	u	1.00	0.4	0.40	
SUBTOTAL M					0.40

TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	COSTO/KM	CANTIDAD	COSTO
		A	B	C	D = A x B x C
SUBTOTAL T					0.00

<p>Elaborado por: Luis Alejandro Aguirre Jaramillo</p> <p>Zumbahua, a abril de 2019</p> <p>Nota: Se deberá considerar el IVA</p>	TOTAL COSTO DIRECTO (E+MO+M+T)	0.40	
	INDIRECTOS Y UTILIDADES:	20.00%	0.08
	COSTO TOTAL DEL RUBRO:		0.480
	VALOR OFERTADO:		0.48

Anexo I: Presupuesto.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA DE CIVIL
CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

PROYECTO: ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN EN EL RÍO ZUMBAHUA PARA EL PROYECTO DE RIEGO DE LA JUNTA DE RIEGO DE EL TIGLÁN

UBICACIÓN: Provincia de Cotopaxi

Cantón Pujilí

Parroquia Zumbahua

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	PRECIO TOTAL
1.- TRABAJOS PRELIMINARES					
TP-01	Excavación a mano (suelo en riberas del río)	m2	30.00	2.19	65.70
TP-02	Replanteo y Nivelación con Equipo Topográfico	m2	330.00	2.60	858.00
TP-03	Bodega de madera y cubierta metálica (15 m2)	gbl	1.00	860.87	860.87
				SUBTOTAL	1,784.57
2.- EXCAVACIONES Y RELLENOS					
ER-01	Excavación y relleno a mano para nivelación de la plataforma para la estructura de captación	m3	32.31	17.09	552.18
ER-02	Excavación en roca para anclaje de muros de ala	m3	1.22	91.94	112.17
				SUBTOTAL	664.35
3.- ESTRUCTURA					
E-01	Hormigón de nivelación f'c= 180 kg/cm2 para contrapiso	m3	32.31	180.45	5,830.34
E-02	Hormigón Ciclópeo para dentellones	m3	1.87	128.82	240.89
E-03	Hormigón estructural de Cemento Portland f'c= 240 Kg/cm2	m3	73.34	235.67	17,284.04
E-04	Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2 (12mm) incluye alambre galvanizado # 18	kg	11,540.42	2.10	24,234.88
E-05	Malla electrosoldada (15x15x6 mm)	m2	194.20	5.66	1,099.17
E-06	Escollera de piedra suelta (pedraplén)	m3	3.50	33.32	116.62
				SUBTOTAL	48,805.94
4.- ALBAÑILERIA					
A-01	Masillado con impermeabilizante, e= 5 mm más pintura impermeabilizante	m2	29.16	7.66	223.37
				SUBTOTAL	223.37
5.- APARATOS HIDRÁULICOS					
AH-1	Suministro, fabricación y montaje de Acero Estructural A-572 para marco de compuertas, láminas de compuertas, columneta de soporte, placa de anclaje y viga soporte.	kg	4,356.13	5.17	22,521.19
AH-2	Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2 (25 mm), para la rejilla	kg	6.17	1.88	11.60
AH-3	Válvula para tubería de 160 mm	u	1.00	338.60	338.60

AH-4	Tubería de PVC 160 mm	m	250.00	19.40	4,850.00
				SUBTOTAL	27,721.39
6.- DESVIACION DEL CAUDAL					
DC-01	Excavación con maquinaria	m3	127.02	18.21	2313.03
DC-02	Limpieza de derrumbos	m3	19.05	13.67	260.41
DC-03	Hormigón de Cemento Portland f'c=180 kg/cm2 para ataguía	m3	10.24	180.51	1847.88
				SUBTOTAL	4,421.32
7- OBRAS EXTERIORES					
OE-01	Cerramiento malla galvanizada (2 m de alto)	m2	20.00	63.31	1266.20
OE-02	Limpieza de la obra	m2	598.14	2.73	1632.92
				SUBTOTAL	2,899.12
8.- PROGRAMA AMBIENTAL: Capacitación, Socialización y Relaciones Comunitarias					
PAMB-01	Charlas de concientización a comunidades y trabajadores	u	3.00	239.76	719.28
PAMB-02	Comunicados radiales a moradores sobre los beneficios del proyecto y sus molestias	c/u	20.00	4.50	90.00
PAMB-03	Hojas volantes y trípticos informativos	u	800.00	0.48	384.00
				SUBTOTAL	1,193.28
PRESUPUESTO TOTAL \$					87,713.34

Nota: A este presupuesto hay que incrementar el 12% del IVA