

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL



**DISERTACIÓN DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE TECNOLOGÍAS IMPLEMENTADAS EN LA
CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO BÔ CON UNA PROPUESTA ALTERNATIVA DE
TECNOLOGÍA APLICABLE PARA EDIFICACIONES INTELIGENTES**

AUTORES:

MANTILLA MORALES NICOLÁS

PUERTAS SANTAMARIA PAUL FRANCISCO

DIRECTOR:

ING. JORGE BUCHELI

QUITO, JUNIO 2022

RESUMEN

Las tecnologías para edificios inteligentes representan una de las tendencias más importantes en la industria de la construcción. Este trabajo pretende realizar un análisis global de los distintos sistemas del Edificio BÔ y compararlas con aquellas más desarrolladas o complejas que permitan una mayor eficiencia de la edificación.

En primer lugar, se llevó a cabo una revisión de los planos arquitectónicos, eléctricos y sanitarios del Edificio BÔ para identificar el diseño y funcionamiento de cada uno de los sistemas que lo componen: sistemas eléctricos, sistemas sanitarios, sistemas de control y sistemas de seguridad y monitoreo. Así también, se realizó una visita técnica al edificio para constatar los distintos elementos representados en los planos e identificar aquellas tecnologías inteligentes implementadas en el edificio.

Luego de evaluar las tecnologías empleadas en el Edificio BÔ se busca compararlas con tecnologías vanguardistas del mercado global, en lo que se refiere a edificios inteligentes, para buscar aquellas que se pueden ajustar al tipo de edificación en estudio, es decir, en un edificio residencial. Esta comparación caracterizó las ventajas y desventajas de las distintas tecnologías para enmarcarlas dentro del contexto específico del Edificio BÔ.

Teniendo claras las tecnologías y sistemas inteligentes que podían ser integrados o mejorados en el Edificio BÔ, se planteó una propuesta integral como alternativa a las tecnologías inteligentes existentes, con el fin de mejorar su eficiencia, reducir el consumo de recursos, mejorar la calidad de vida de las personas y disminuir el costo de operación de la edificación.

Finalmente, se formalizó la propuesta mediante planos y diseño de sistemas inteligentes que se consideraron importantes para el incremento del grado de inteligencia del Edificio BÔ. Cada una de las tecnologías y diseños fueron justificados mediante un análisis técnico y funcional que indica las mejoras teóricas que el edificio podría alcanzar a través de la propuesta planteada.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos General y Específicos	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Alcance.....	3
2. CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1 Edificios Inteligentes.....	4
2.1.1 ¿Qué es un Edificio Inteligente?	4
2.1.2 Evolución de los edificios inteligentes	5
2.1.3 Características de un Edificio Inteligente	7
2.1.4 Importancia de los Edificios Inteligentes.....	10
2.2 Tecnologías para Edificios Inteligentes	12
2.2.1 Sistemas para operación de edificios inteligentes.....	12
2.2.2 Tipos de Tecnologías y sistemas de control	17
2.2.3 Aplicación de tecnologías en edificios inteligentes	21
2.3 Normativa vigente respecto a edificios inteligentes en la ciudad de Quito	24
2.4 Categorización de edificios inteligentes por su nivel de inteligencia	36
3. CAPITULO III. SITUACIÓN ACTUAL DE EDIFICIOS INTELIGENTES	
LOCALIZADOS EN LA CIUDAD DE QUITO.....	38
3.1 Situación energética de los edificios inteligentes.....	38
3.2 Planes de ahorro energético e hídrico	39
3.2.1 Planes de ahorro energético	39
3.2.2 Planes de ahorro hídrico.....	41

4. CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO DEL EDIFICIO BÔ.....	44
4.1 Revisión y estudio de planos del Edificio BÔ.....	44
4.1.1 Identificación de sistemas y tecnologías empleados.....	44
4.1.2 Distribución general de los sistemas integrales.	52
4.1.3 Descripción de las tecnologías y sistemas sanitarios.....	53
4.1.4 Descripción de los sistemas de control, seguridad y monitoreo	54
4.1.5 Integración y operación de los sistemas existentes.....	57
5. CAPÍTULO V: PROPUESTA INTEGRAL	62
5.1 Identificación de tecnologías y sistemas alternativos	62
5.1.1 Iluminación inteligente y ahorro energético	62
5.1.2 Control eléctrico en la protección contra incendios.....	92
5.1.3 Sistemas hidrosanitarios.....	99
5.2 Comparación de Resultados de Sistemas y Tecnologías aplicadas.....	161
5.2.1 Iluminación inteligente	161
5.2.2 Power Management	163
5.2.3 Sistema contra incendios.....	164
5.2.4 Sistema de seguridad.....	165
5.2.5 Sistema de telecomunicaciones.....	166
5.2.6 Sistemas Hidrosanitarios.....	167
6. CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	169
6.1 Conclusiones	169
6.2 Recomendaciones.....	171
7. BIBLIOGRAFÍA	173
8. ANEXOS.....	179
PRESENTACIÓN DE PLANOS CON SISTEMAS DE EDIFICIOS INTELIGENTES ..	181

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Rango de Calificación Aplicable a la Matriz de Eco Eficiencia.....	26
Tabla 2.2. Matriz de Eco eficiencia No. 1	28
Tabla 2.3. Matriz de Eco Eficiencia No. 2.....	29
Tabla 2.4. Matriz de Eco Eficiencia No. 3.....	30
Tabla 3.1. Reducción del consumo residencial producto del Plan RENOVA (MWh).....	40
Tabla 3.2. Distribución de cocinas a nivel nacional.	41
Tabla 3.3. Línea de acción enfocada a la demanda del recurso Hídrico.....	42
Tabla 3.4. Línea de acción enfocada al tratamiento de aguas residuales.....	42
Tabla 5.1. Factores de luz natural recomendados para interiores	68
Tabla 5.2. Niveles mínimos de iluminación al interior de la vivienda	72
Tabla 5.3. Valor de Eficiencia Energética por zonas	73
Tabla 5.4. Diseño de red de iluminación en función del tipo de vivienda.....	74
Tabla 5.5. Diámetro de colectores horizontales de aguas lluvias	104
Tabla 5.6. Diámetro de bajante de aguas lluvias	105
Tabla 5.7. Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#1, Terraza	107
Tabla 5.8. Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#2, Terraza	107
Tabla 5.9. Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#1, Quinta Planta	108
Tabla 5.10. Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#2, Quinta Planta	109
Tabla 5.11. Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#1, Cuarta Planta.....	110
Tabla 5.12. Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#2, Cuarta Planta.....	110
Tabla 5.13. Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#1, Tercera Planta	110
Tabla 5.14. Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#2, Tercera Planta	111
Tabla 5.15. Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#1, Segunda Planta.....	112
Tabla 5.16. Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#2, Segunda Planta.....	113
Tabla 5.17. Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#1, Primera Planta.....	114
Tabla 5.18. Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#1, Primera Planta.....	114
Tabla 5.19. Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#2, Planta Baja	114
Tabla 5.20. Detalle bajante de agua lluvias, BALL#1	116

Tabla 5.21. Detalle bajante de agua lluvias, BALL#2	116
Tabla 5.22. Características de las aguas grises	117
Tabla 5.23. Unidades de descarga y diámetro mínimo para derivaciones simples.....	120
Tabla 5.24. Diámetro de derivaciones en colector en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada.....	121
Tabla 5.25. Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número de UD	122
Tabla 5.26. Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#1, Quinta Planta	123
Tabla 5.27. Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#1, Quinta Planta	124
Tabla 5.28. Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#2, Quinta Planta	124
Tabla 5.29. Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#2, Quinta Planta	125
Tabla 5.30. Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#3, Quinta Planta	125
Tabla 5.31. Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#3, Quinta Planta	125
Tabla 5.32. Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#1, Cuarta Planta	126
Tabla 5.33. Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#1, Cuarta Planta.....	127
Tabla 5.34. Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#2, Cuarta Planta	127
Tabla 5.35. Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#2, Cuarta Planta.....	127
Tabla 5.36. Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#3, Cuarta Planta	128
Tabla 5.37. Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#3, Cuarta Planta.....	128
Tabla 5.38. Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#1, Tercera Planta	129
Tabla 5.39. Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#1, Tercera Planta	130
Tabla 5.40. Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#2, Tercera Planta	130
Tabla 5.41. Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#2, Tercera Planta	131
Tabla 5.42. Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#3, Tercera Planta	131
Tabla 5.43. Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#3, Tercera Planta	131
Tabla 5.44. Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#1, Segunda Planta	132
Tabla 5.45. Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#1, Segunda Planta	133
Tabla 5.46. Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#2, Segunda Planta	133
Tabla 5.47. Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#2, Segunda Planta	134
Tabla 5.48. Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#3, Segunda Planta	134
Tabla 5.49. Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#3, Segunda Planta	135

Tabla 5.50. Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#1, Primera Planta	135
Tabla 5.51. Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#1, Primera Planta.....	137
Tabla 5.52. Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#2, Primera Planta	137
Tabla 5.53. Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#2, Primera Planta.....	138
Tabla 5.54. Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#3, Primera Planta	138
Tabla 5.55. Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#3, Primera Planta.....	138
Tabla 5.56. Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#3, Planta baja	140
Tabla 5.57. Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#3, Planta baja.....	140
Tabla 5.58. Detalle bajante de aguas servidas, BAS#1.....	141
Tabla 5.59. Detalle bajante de aguas servidas, BAS#2.....	142
Tabla 5.60. Detalle bajante de aguas servidas, BAS#3.....	142
Tabla 5.61. Producción estimada de aguas grises.....	143
Tabla 5.62. Demanda de agua tratada según su aplicación.....	144
Tabla 5.63. Caudal instantáneo mínimo para distintos aparatos sanitarios	148
Tabla 5.64. Detalle diámetro de tubería para distribución de agua tratada. Planta Baja	154
Tabla 5.65. Detalle diámetro de tubería para distribución de agua tratada. Primera Planta.....	154
Tabla 5.66. Detalle diámetro de tubería para distribución de agua tratada. Segunda Planta.....	155
Tabla 5.67. Detalle diámetro de tubería para distribución de agua tratada. Tercera Planta	155
Tabla 5.68. Detalle diámetro de tubería para distribución de agua tratada. Cuarta Planta.....	156
Tabla 5.69. Detalle diámetro de tubería para distribución de agua tratada. Quinta Planta.....	156
Tabla 5.70. Detalle diámetro de tubería para distribución de agua tratada. Sexta Planta.....	156
Tabla 5.71. Detalle columna de distribución de agua tratada.	157
Tabla 5.72. Factores para el cálculo de longitudes equivalentes	159
Tabla 5.73. Parámetros de diseño	160

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema Integrado de Agua Caliente y Fría	8
Figura 2. Clasificación métodos de control óptimo para sistemas HVAC.	23
Figura 3. Área de influencia sistema integrado de Transporte Metropolitano.	27
Figura 4. Consumo energético por sectores 2012.	38
Figura 5. Consumo de energía eléctrica por sectores 2010.	39
Figura 6. Eficiencia de distintos tipos de iluminación.	40
Figura 7. Iluminación LED presente en el Edificio BÔ.....	46
Figura 8. Generador trifásico del Edificio BÔ	47
Figura 9. Sistema de seguridad del Edificio BÔ.....	48
Figura 10. Control de acceso del Edificio BÔ	49
Figura 11. Sistema centralizado de calentamiento de agua del Edificio BÔ	50
Figura 12. Comunicador	51
Figura 13. Mapa de zonas climáticas del Ecuador.....	71
Figura 14. Driver.....	79
Figura 15. Sensor de presencia inalámbrico.	80
Figura 16. Antena Qms.	80
Figura 17. Tablero ecosystem.	81
Figura 18. Procesador Lutron.	81
Figura 19. Botonera	82
Figura 20. Sensor luz día.	83
Figura 21. Sistema de iluminación.....	84
Figura 22. Sistema Lutron.....	91
Figura 23. Sensor Google Nest	96
Figura 24. Sensor Sísmico.	98
Figura 25. Sistema de recirculación de agua caliente. Fuente: Elaboración propia	100
Figura 26. Esquema sistema LEAKFILM. Fuente: Elaboración propia.....	102
Figura 27. Sensor multiparámetro.....	102
Figura 28. Detalle diseño colectores de aguas lluvias. Sexto Piso	106
Figura 29. Detalle diseño colectores de aguas lluvias. Quinto Piso	108
Figura 30. Detalle diseño colectores de aguas lluvias. Cuarto Piso.....	109

Figura 31. Detalle diseño colectores de aguas lluvias. Tercer Piso	111
Figura 32. Detalle diseño colectores de aguas lluvias. Segundo Piso	112
Figura 33. Detalle diseño colectores de aguas lluvias. Primer Piso.....	113
Figura 34. Detalle diseño colectores de aguas lluvias. Planta Baja	115
Figura 35. Detalle derivaciones simples y en colector de aguas grises. Quinto Piso	123
Figura 36. Detalle derivaciones simples y en colector de aguas grises. Cuarto Piso	126
Figura 37. Detalle derivaciones simples y en colector de aguas grises. Tercer Piso	129
Figura 38. Detalle derivaciones simples y en colector de aguas grises. Segundo Piso	132
Figura 39. Detalle derivaciones simples y en colector de aguas grises. Primera Planta.....	136
Figura 40. Detalle derivaciones simples y en colector de aguas grises. Planta Baja	139
Figura 41. Depósito de aguas grises.	145
Figura 42. Planta de tratamiento Azud Watertech.	145
Figura 43. Proceso de tratamiento de aguas grises WATERTECH.....	146
Figura 44. Detalle de cisterna	147

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Porcentaje de área permeable.....	32
Ecuación 2. Porcentaje de agua lluvia retenida.....	32
Ecuación 3. Eficiencia en consumo de agua	32
Ecuación 4. Tratamiento de aguas grises.....	33
Ecuación 5. Reutilización de agua lluvia.....	33
Ecuación 6. Eficiencia en el consumo energético.....	34
Ecuación 7. Balance consumo	34
Ecuación 8. Diversidad de usos	35
Ecuación 9. Uso de materiales livianos	35
Ecuación 10. Valor de Eficiencia Energética	73
Ecuación 11. Producción estimada de agua gris.....	143
Ecuación 12. Demanda estimada de agua tratada.....	144
Ecuación 13. Gasto máximo probable	149
Ecuación 14. Coeficiente de simultaneidad	149
Ecuación 15. Cálculo de Caudal	153
Ecuación 16. Cálculo de velocidad en función del caudal y el área	153
Ecuación 17. Pérdidas de carga por longitud.....	158
Ecuación 18. Pérdidas de carga por accesorios	158
Ecuación 19. Potencia de una bomba	160

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

Las edificaciones inteligentes son una tendencia en la industria de la construcción a nivel global. Estas edificaciones se caracterizan por contar con sistemas integrados que agrupan varias tecnologías que, en conjunto, logran ahorros energéticos e hídricos importantes con respecto a edificaciones tradicionales. Además, permiten unificar los controles e información de un edificio para mejorar su eficiencia, su seguridad y su funcionamiento.

A pesar de ello, en países en vías de desarrollo, como es el caso de Ecuador, se tiene un concepto erróneo o se limita el potencial de las nuevas tecnologías en edificios. Esto causa que no se logren alcanzar los máximos potenciales de edificaciones inteligentes o no se aprovechen al máximo la capacidad de las tecnologías empleadas. (Batov, 2015)

Por estas razones, este trabajo busca comparar las tecnologías de los edificios inteligentes de un edificio existente, enfocada particularmente a las empleadas en el Edificio BÔ ubicado en la ciudad de Quito, con aquellas más desarrolladas o complejas que permitan una mayor eficiencia de la edificación. De esta forma se buscará un cambio de paradigmas en materia constructiva que logren un desarrollo sustentable a través de la industria de la construcción en el país.

1.2 Justificación

Los edificios inteligentes son cada vez más comunes a nivel mundial. Sus características, beneficios, seguridad, ahorro energético, ahorro hídrico y alta eficiencia los han convertido en una tendencia claramente marcada en el mercado de la construcción. De igual manera, debido a la facilidad y conveniencia de la aplicación de tecnologías de inteligencia y control, hoy en día es común que estos edificios sean diseñados para usos diversos, como edificios residenciales, oficinas, hospitales, entre otros.

Sin embargo, en países en vías de desarrollo como el Ecuador, los edificios inteligentes no han alcanzado la popularidad que se puede evidenciar en otras regiones del mundo. Aunque este hecho puede verse ligado, en el pasado, a varios factores como la cultura, la ignorancia, carencia de tecnologías en el mercado o factores económicos, hoy por hoy no existen estas

limitaciones y el mercado de la construcción está en condiciones de impulsar la construcción de edificios inteligentes.

Es importante recalcar que, en el Ecuador, al igual que en el resto de países de América del Sur, no existen normativas específicas o códigos nacionales aplicados a edificios inteligentes. Por lo general, las normativas locales solo abarcan temas de eficiencia energética, como es el caso de la norma NEC – HS - EE en Ecuador o la norma NTC 4368 en Colombia. Por esta razón, se pretende emplear conceptos, estándares y sistemas aplicados a nivel internacional a lo largo del presente trabajo.

Dando a conocer el alcance de los edificios inteligentes y comprendiendo los potenciales beneficios de los mismos en la realidad local, este trabajo busca comparar, mediante un caso de estudio, las tecnologías empleadas en un edificio inteligente de la ciudad de Quito con una propuesta vanguardista para analizar la posibilidad de mejorar la eficiencia de las edificaciones, disminuir el consumo de recursos hídricos y energéticos, y mejorar la calidad de los ambientes para el confort de las personas a través de la implementación de tecnologías. Así también, este trabajo se propone romper los paradigmas existentes en cuestión de construcción y uso de edificaciones inteligentes para, por medio de un análisis comparativo, demostrar la forma en la cual se puede maximizar las capacidades de las tecnologías existentes para mejorar el funcionamiento de los edificios.

1.3 Objetivos General y Específicos

1.3.1 Objetivo General

- Realizar un análisis comparativo de las tecnologías implementadas en la construcción de un edificio con una propuesta integradora de tecnologías aplicables para edificaciones inteligentes.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar el desempeño energético de las edificaciones inteligentes de la ciudad de Quito.
- Analizar y describir los sistemas eléctricos, electrónicos y sanitarios empleados en el Edificio BÔ.
- Establecer una propuesta integral de tecnologías de edificios inteligentes como alternativa a las empleadas en el Edificio BÔ.

- Elaborar una propuesta de diseños de sistemas de iluminación y ahorro energético, protección contra incendios y sistemas hidrosanitarios como propuesta alternativa a las tecnologías empleadas en el Edificio BÔ.
- Determinar las ventajas y desventajas del modelo propuesto, mediante un análisis comparativo con el caso de estudio.

1.4 Alcance

El presente trabajo busca realizar una comparación de diseño, aplicación y beneficios de una propuesta de tecnologías de edificios inteligentes o *smart buildings*, con el caso de estudio del Edificio BÔ localizado en el sector de Quito Tennis al norte de la ciudad de Quito. Este estudio considerará factores comprendidos en la aplicación de componentes de un edificio inteligente; consideraciones de diseño en instalaciones sanitarias, eléctricas y electrónicas; y la aplicación de dichos sistemas en el edificio en cuestión. Posteriormente se procederá a realizar un análisis comparativo donde se cuantificarán las ventajas y desventajas de los sistemas y tecnologías existentes en el edificio con los propuestos en el trabajo. La propuesta culminará a través de la realización de planos correspondiente a cada uno de los diseños de sistemas de iluminación y ahorro energético, protección contra incendios y sistemas hidrosanitarios.

La investigación no abarcará la programación del software requerido para la integración de los sistemas planteados para el edificio inteligente. De igual manera, este trabajo no pretende realizar un análisis de costos de las tecnologías para edificaciones inteligentes, ya que existen trabajos previos que profundizan al respecto.

2. CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Edificios Inteligentes

Este capítulo busca analizar el concepto de lo que es un edificio inteligente, su evolución a través tiempo, las características que deber tener este para poder ser llamado así y la importancia de las edificaciones inteligentes en nuestro entorno actual.

2.1.1 ¿Qué es un Edificio Inteligente?

A pesar de que se ha hablado de edificios inteligentes por varios años, hoy en día no existe una definición exacta para los mismos, ni tampoco la hay para determinar aquello que lo convierta en inteligente. Una confusión en criterios, conceptos y debate de percepciones ha llevado a que se tenga una ambigüedad en este tipo de edificaciones. Sin embargo, se puede partir de las características generales para conceptualizar la idea de los edificios inteligentes.

En primer lugar, muchas de las interpretaciones erróneas nacen debido a que algunas veces se llama inteligente a aquel edificio donde algunos sistemas se encuentran automatizados. Sin embargo, la automatización de sistemas, que pertenecen al campo de la domótica, no necesariamente convierte a un edificio o espacio en inteligente. (Osama, 2018)

Por otro lado, existen edificios que cuentan con sistemas automáticos y programados para el control de sus funciones. Ejemplos de ello son los edificios cuya luminaria se prende o apaga en ciertos horarios establecidos, o aquellos edificios donde el control de temperatura se regula de acuerdo a la hora del día. Sin embargo, estos sistemas automáticos no representan, hoy por hoy, el potencial y alcance de los edificios inteligentes. (Osama, 2018)

En la actualidad, los edificios inteligentes dan un paso más allá de encender y apagar sistemas. Estos edificios utilizan sensores que permiten recolectar información en tiempo real para tomar decisiones adecuadas para cada instante de tiempo. Por ello, los edificios con estas características cuentan con computadoras centrales que reciben la información de distintas fuentes y campos, las procesan y programan las respuestas que consideren adecuadas.

Las edificaciones inteligentes emplean softwares llamados “administradores centrales del edificio” que regulan los sistemas integrados de forma automática e independiente. Muchas veces, se emplean tecnologías como la Inteligencia Artificial (AI por sus siglas en ingles). La inteligencia

artificial consiste en programaciones computacionales avanzadas que aprenden y se alimentan de información para reconocer patrones o tendencias que permiten identificar, clasificar y responder ante necesidades específicas, imitando respuestas humanas. (Adunadepo, 2016)

Es así, como la definición de un edificio inteligente, y en concordancia con el Instituto de Edificios Inteligentes de los Estados Unidos (IBI) y el Grupo Europeo de Edificios Inteligentes (EIBG), puede resumirse en aquel que provee un ambiente productivo y económicamente eficiente a través de la optimización de los elementos estructurales, sistemas, servicios y administración, así como también de la interacción entre ellos. (Wigginton & Harris, 2002)

En otras palabras, un edificio inteligente es aquel que integra tecnologías, sensores, sistemas y servicios de la edificación para ofrecer un ambiente de calidad y confort a los ocupantes empleando la menor cantidad de recursos posibles.

2.1.2 Evolución de los edificios inteligentes

Los edificios inteligentes no surgieron de un concepto o idea singular. Estos son el resultado de una serie de necesidades humanas y desarrollos tecnológicos que han llevado a las edificaciones convencionales a ser obsoletas y requerir de una evolución viable para el desarrollo socioeconómico de las ciudades.

A pesar de que muchos acontecimientos de la historia moderna han influido en la evolución de las edificaciones inteligentes, existen algunos hechos que han dado curso a la historia de las mismas. El primero de ellos es el derramamiento de petróleo en las costas de Santa Bárbara, California en 1969, que significó para el mundo la necesidad de ambientes de construcción más eficiente. Este suceso dio lugar al primer Día de la Tierra en 1970 y, a su vez, inspiró la creación de una legislación y movimiento de la eco-infraestructura, hoy en día conocida como “Green Building” o construcción verde. (Stoss, 1995)

El movimiento de *green building* se desarrolla a partir de la definición dada por la institución gubernamental de los Estados Unidos, Office of the Federal Environmental Executive, que definió a este movimiento como: 1) la práctica de mejorar la eficiencia mediante las cuales los edificios utilizan la energía, agua y materiales, y 2) la reducción del impacto de la construcción en la salud humana y el medio ambiente, a través del mejor emplazamiento, diseño, construcción,

operación, mantenimiento y remoción de las estructuras a través de su ciclo de vida. (Office of the Federal Environmental Executive, 2003)

En la década de los años 70 aparece, de igual forma, los primeros dispositivos de automatización en edificios que se desarrollaban a manera de prueba. No es hasta la siguiente década que estos dispositivos, los cuales lograban conectar los sistemas eléctricos y electrónicos de las edificaciones, se empiezan a emplear de manera comercial. Los sistemas de HVAC¹ (Heating, ventilating, and air conditioning) fueron los primeros en ser controlados de forma electrónica. (Navarrete, 2005)

Sin embargo, el concepto de Edificio Inteligente nace a mediados de 1980. En 1984, un artículo del New York Times se redacta a partir de una nueva generación de edificios capaces de pensar por sí mismos, a los que se denominó “intelligent buildings”. Fue en esta época cuando un sin número de nuevas tecnologías estaban surgiendo en el mercado. La industria de telecomunicaciones americana atravesó nuevas regulaciones y se dio el surgimiento de nuevas compañías, productos y servicios que entraron al mercado de la telecomunicación. Al mismo tiempo, la invención y surgimiento de la industria de la computación impulsaron esta relación entre la tecnología y la inmobiliaria. (Sinopoli, Brief History, 2010)

Para los años 80, el concepto de Edificio Inteligente se definía como “un edificio que controla totalmente su propio entorno”. Este concepto tenía un enfoque en donde el edificio proporciona un entorno productivo y rentable mediante la optimización de su estructura, sus sistemas, servicios y su gestión. (Palencia, 2021)

En la próxima década, modestos avances tecnológicos para edificios, como sistemas de cableado, sistemas audiovisuales, sistemas de automatización de edificios con control digital directo, sistemas de control y de video vigilancia se fueron incorporando cada vez más en la industria inmobiliaria. Sin embargo, durante este tiempo, prevaleció una mentalidad tradicional entre la mayoría de los diseñadores de edificios en la que la tecnología era un extra en lugar de una parte integral del diseño del edificio. (Sinopoli, Brief History, 2010)

El concepto de edificio inteligente ha evolucionado desde una idea inicial, donde el nivel de inteligencia de los edificios era muy básico, hasta un concepto mucho más complejo debido a

¹ Calefacción, ventilación y aire acondicionado

la evolución e implementación de nuevas tecnologías. En la actualidad, los edificios inteligentes hacen un especial énfasis en la importancia de su eficiencia energética y el impacto ambiental que estos causan. (Palencia, 2021)

Edificio Inteligente podría ser definido como un conjunto de tecnologías, sensores y funciones capaces de enviar información e interactuar entre ellos, en un edificio. Al mismo tiempo que gestionan y controlan la información de forma remota, con el fin de poder reconocer las necesidades de sus usuarios y adaptarse a ellas de forma automática, optimizando: el confort, la seguridad, el uso de la energía y el bienestar de sus usuarios. (Palencia, 2021)

Una definición que abarca todos los conceptos antes mencionados es la de la Buildings Performance Institute Europe (BPIE), la cual define a un edificio inteligente como el que reconoce y responde a las necesidades de sus usuarios, impulsando un escenario de descarbonización más rápida del sistema energético mediante el almacenamiento de energía, permitiendo a los usuarios y ocupantes el control del flujo de la energía del edificio. (Palencia, 2021).

2.1.3 Características de un Edificio Inteligente

No todos los edificios inteligentes están conformados por los mismos sistemas, cumplen las mismas funciones o poseen el mismo nivel de tecnología. Existe una amplia gama de variaciones entre ellos, ya que se ajustan en función de las necesidades del edificio, las funciones o servicios que se prestan, sus ocupantes, o incluso en el lugar geográfico donde se localizan. A pesar de ello, existen determinadas cualidades que se pueden generalizar, al menos para la gran mayoría de estas edificaciones. (Batov, 2015)

Se puede partir del hecho que, en la actualidad, no se puede o no se debería calificar a un edificio como “inteligente” sin que este pueda satisfacer sus necesidades específicas o las de sus ocupantes en tiempo real. Por ello, la primera característica que debe poseer un edificio inteligente es la integración de sistemas de sensores, monitoreo y respuesta. En la mayoría de edificios, sensores de luz, sistemas para la medición del consumo energético, y sistemas de medición del consumo de agua son instalados en toda la edificación. Estos sensores se conectan directamente a una computadora central que, hoy en día, puede funcionar a través de inteligencia artificial. La inteligencia artificial permite al computador central aprender sobre una situación o identificar un patrón estadístico, y responder de manera efectiva ante los datos recolectados por los sensores. Si

el edificio no posee inteligencia artificial, la respuesta que se toma será en base a machine learning o una programación previa del computador. Por ejemplo, la luminosidad de una edificación puede regularse de manera automática de acuerdo a la cantidad de luz natural que entra al edificio a través de puertas y ventanas, así como también se puede regular la climatización global del edificio. (Monteiro, y otros, 2020)

Debido a que parte del concepto y fin de los edificios inteligentes nace de la necesidad global de ahorrar recursos naturales, el consumo de agua en los mismos tiene, por lo general, gran relevancia en su diseño. Los edificios son lugares donde el consumo de agua es alto, y es por ello que representan un punto potencial para importantes ahorros. En los edificios inteligentes se instalan sistemas de circulación de agua, tanto fría como caliente, integrados, tal como se muestra en la Figura 1. Estos sistemas, a diferencia de edificaciones tradicionales, permiten el almacenamiento y recirculación del agua del edificio. Adicionalmente, se realiza monitoreo de consumo para identificar los patrones de uso, se mide las presiones a lo largo de las tuberías para identificar fugas, y se minimiza el uso a través de aparatos sanitarios más eficientes. (Freitas & Cardoso, 2017)

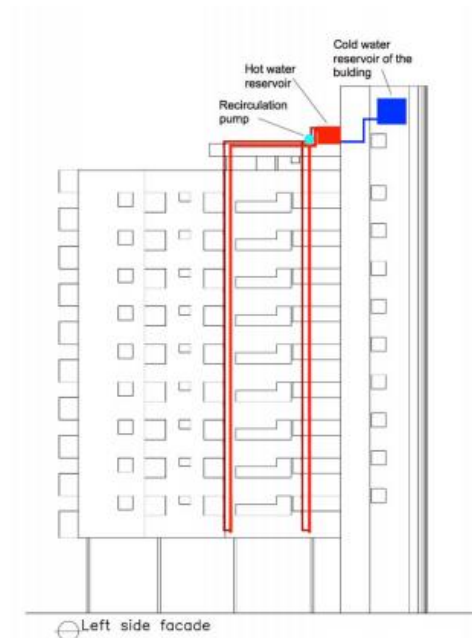


Figura 1. Sistema Integrado de Agua Caliente y Fría. Fuente: <http://www.iot-day.com/anexos/inc180522205527.pdf>

Otra de las características más importantes de los edificios inteligentes es que estos son lugares donde la salud de las personas representa un factor fundamental para su diseño. En general, estos edificios tienen sistemas automatizados e inteligentes donde ciertos factores como la luz y el aire acondicionado se regulan de acuerdo a las condiciones del edificio, cantidad de ocupantes, entre otras. Un reporte generado por el World Green Building Council sobre el bienestar, salud y productividad laboral demuestra que la iluminación adecuada, la regulación de temperatura y la baja distorsión por sonidos de equipos y máquinas convierten a los edificios inteligentes en lugares más acogedores para que las personas puedan trabajar de una forma mucho más productiva y durante periodos prolongados de tiempo sin afectar su salud. (World Green Building Council, 2017)

Sin embargo, existen edificios que llevan la salud mucho más allá. Algunos de estos utilizan la conectividad de la edificación y tecnología IoT² (Internet of Things) para proporcionar monitoreo y ayuda a las personas. Este es el caso de botones de pánico o ayuda en hospitales, sensores de temperatura en lugares críticos para evitar incendios o sistemas de monitoreo y control de la calidad de agua. Aunque en la actualidad, especialmente en países en vías de desarrollo, estos sistemas no son característicos en la mayoría de edificios inteligentes, la tendencia global indica que en los próximos años se potenciará el sector salud y seguridad a través de tecnologías de Smart Building. (Buntz, 2019)

A pesar de que formó parte de los inicios de los edificios inteligentes, la domótica y automatización de sistemas siguen siendo una característica fundamental en los edificios inteligentes. La domótica es la combinación entre la eficiencia y el confort. Los edificios inteligentes permiten una interacción entre el usuario y los sistemas automatizados. De esta forma, las personas reciben información sobre la situación de un sistema específico y pueden decidir qué cambios hacer en su lugar de estancia para mejorar su confort. Estos pueden ser los controles de aire acondicionado, cortinas, luces, etc. En otras palabras, a pesar de que las edificaciones inteligentes se distinguen por su capacidad de responder de forma independiente y remota, no se quita el control de un espacio a las personas, ya que su confort es una prioridad. (Fabi, Spiglantini, & Corgnati, 2016)

² Internet de las cosas

Finalmente, una de las cualidades más importantes que caracteriza a los edificios inteligentes, es la eficiencia y el ahorro energético. El ahorro energético es, inclusive, una de las medidas que hoy en día se emplean para clasificar o calificar edificaciones. Los edificios y casas más eficientes, que cuentan con todos los sistemas del lugar integrados y controlados a través de inteligencia artificial o machine learning pueden llegar a consumir hasta el 90% menos energía con respecto a aquellas edificaciones tradicionales y de baja eficiencia. Teniendo en cuenta que la energía es el motor de las ciudades y el desarrollo socioeconómico, es claro el potencial de las edificaciones inteligentes en un proceso de evolución hacia la eficiencia, productividad y ahorro. (Benavete-Peces & Ibadah, 2020).

2.1.4 Importancia de los Edificios Inteligentes

La tendencia actual en cuanto a desarrollo sostenible ha colocado a las ciudades inteligentes como uno de los pilares fundamentales del crecimiento socio-económico mundial. Una ciudad inteligente es aquella que conecta e intercambia información entre varios sistemas, servicios y edificaciones para tomar decisiones en función y beneficio de los ciudadanos. Esto, a su vez, da lugar a una eficiencia energética, productividad laboral y maximización del bienestar de las personas. Las ciudades inteligentes utilizan la información, la digitalización y el diseño para mejorar la vida de las personas y la capacidad de tomar decisiones globales. Aquello se refleja en el consumo energético, el tráfico, la seguridad física y cibernética, o servicios más simples como los estacionamientos. (Wellener, Michalik, Manolian, & James, 2018)

Los edificios inteligentes forman una parte fundamental y esencial en estas ciudades inteligentes debido a que es aquí donde las personas realizan sus actividades diarias y pasan la mayor parte del tiempo. Un edificio inteligente puede funcionar como una edificación de oficinas, residencial, un aeropuerto, estadios, bases militares, hospitales o centros de estudio. Esta variedad de infraestructuras que se pueden diseñar para que tengan un funcionamiento inteligente permite, a su vez, la posibilidad de que se intercambie mayor cantidad de información, se mida y monitoree diferentes indicadores, y se controle de forma ordenada el funcionamiento de una ciudad. La conectividad de información da como resultado una mejor experiencia y calidad de vida de las personas, una eficiencia y productividad laboral y permite brindar seguridad digital y física a los ciudadanos. (Wellener, Michalik, Manolian, & James, 2018)

Con los avances tecnológicos más recientes, el mercado de la construcción se ha visto demandado por la nueva tendencia de edificios inteligentes. Estas estructuras, a pesar de que en ocasiones se piensa que pueden representar un costo extra en tecnología innecesario, han demostrado reducir hasta el 30% de los costos de operación en determinados edificios. Si a esto se le añade el incremento de productividad, es claro que los edificios inteligentes sean la nueva tendencia de desarrollo económico. (Schneider Electric, 2018)

Por otro lado, los beneficios con respecto a la reducción del impacto ambiental es una característica fundamental que debe ser reconocida hoy por hoy a todos los edificios inteligentes. A nivel mundial, aproximadamente un tercio del consumo de energía se debe a los edificios y su construcción. El crecimiento poblacional aumenta la demanda de energía y espacios confortables para las personas de manera acelerada. Dicha demanda se produce en mayor parte en ciudades y zonas urbanas. Es por ello que los edificios inteligentes son especialmente necesarios en las metrópolis donde se puede ofrecer la mejor experiencia a los usuarios a través del menor costo posible y reduciendo el consumo y desperdicio de recursos naturales. (Global Alliance for Buildings and Construction , 2016)

Debido a los avances tecnológicos, la conectividad y las tendencias en materia de IoT, los edificios inteligentes no necesariamente deben nacer de un proyecto o de una estructura nueva. Es posible convertir cualquier edificio en un espacio inteligente. Claramente, algunos sistemas como la distribución de agua o cableado general pueden llegar a ser un reto, pero, por medio de las conexiones inalámbricas, se puede mejorar la eficiencia de cualquier estructura mediante espacios inteligente. La importancia de promover la tecnología, especialmente en países en vías de desarrollo, se debe fundamentar en las facilidades que brinda la edificación inteligente y el potencial de desarrollo que esto significa para cada ciudad. (Monteiro, y otros, 2020)

No obstante, se debe considerar siempre la necesidad de que la construcción se enfoque en crear edificios inteligentes. A pesar de que, como se mencionó anteriormente, es posible adaptar cualquier espacio para que esté interconectado, el potencial más grande se encuentra en la construcción de todo proyecto empleando la tecnología vanguardista para obtener los mejores resultados posibles. Así, en la actualidad, y en los edificios con mayor nivel de inteligencia, no solo se emplean elementos o sistemas inteligentes, sino que todos los sistemas del edificio pasan a ser apreciados como una sola fuente de información, operación y desarrollo. Para contextualizar

esto, podemos mencionar sistemas como el cableado Power over Ethernet (PoE) que permite la transmisión de información a través del cableado eléctrico. Sistemas como este pueden llegar a escalar de forma acelerada la inteligencia de las edificaciones que la posean debido a que la interconectividad puede ser potencializada de una forma abismal y aquellas construcciones que no cuenten con estos nuevos elementos se verán muy limitadas en su potencial de evolución a lo largo de su vida útil. (Schneider Electric, 2017)

Los beneficios de la implementación de estas edificaciones son tangibles y se pueden medir, siendo la evidencia favorable y constando la necesidad global de la construcción de edificios inteligentes. Teniendo en cuenta que los costos de un edificio no terminan con su construcción, sino que se extienden a lo largo de su vida útil a través de mantenimiento y operación, es claro el potencial de ahorro en recursos y costos con el uso de nuevas tecnologías. Los edificios inteligentes permiten que los sistemas se interconecten dentro de una estructura, que se trabaje de manera eficiente y, sobre todo, se eviten problemas o inconvenientes a través de la detección de los mismos.

2.2 Tecnologías para Edificios Inteligentes

Para caracterizar un edificio inteligente es necesario conocer los sistemas de operación que este posee. Es decir, saber de manera clara y concisa los tipos de tecnología y sistemas de control que tiene y como son aplicados a las edificaciones.

2.2.1 Sistemas para operación de edificios inteligentes

Los edificios inteligentes poseen sistemas variados y diversos en función de distintos factores como su función, localización, importancia, etc. Estos sistemas se diseñan específicamente para cada edificación y se adaptan a las necesidades particulares de sus usuarios, así como al propósito de cada estructura. También, su implementación puede depender de normativas locales y requisitos específicos como es el caso de la conservación ecológica, utilización de energías renovables y longevidad de la estructura. (Monteiro, y otros, 2020)

Los siguientes sistemas son los más generales y empleados con mayor frecuencia en edificaciones inteligentes.

HVAC. - Los sistemas HVAC (Smart heating, ventilation and air conditioning) son todos aquellos enfocados en la salud y confort de los ocupantes de un edificio, o la conservación de determinados elementos y objetos. Estos sistemas, por ende, comprenden aquellos relacionados a la ventilación del edificio, el control de la temperatura, porcentaje de humedad, calidad del aire, entre otros. Como ya se mencionó en el presente trabajo, esta clase de sistemas se interconectan y trabajan a través de una computadora central que los regula de forma automática por medio de una programación computacional, aprendizaje automático o inteligencia artificial. A su vez, la computadora recibe información en tiempo real que nace en distintos sensores colocados en puntos estratégicos de la edificación y en su exterior. Estos sistemas permiten que las condiciones de los ambientes internos de un edificio sean óptimas para el usuario, indistintamente de las condiciones ambientales y atmosféricas del exterior. (Aguilar, y otros, 2019)

De forma similar, estos sistemas se adaptan también a las funciones específicas de cada edificación. Muchas veces, un sistema HVAC puede estar centrado en la conservación de los elementos físicos, como es el caso de museos de arte e historia. En estos casos, los sistemas HVAC no necesariamente optimizan la productividad del complejo, sino que hacen eficiente y confiable los ambientes, a través de una autorregulación para la conservación de piezas importantes. (Aguilar, y otros, 2019)

Por otro lado, estos sistemas pueden enfocarse únicamente en la calidad de vida de las personas, como sucede en hospitales y centros de salud donde los ocupantes presentan condiciones especiales que requieren de un control minucioso de su entorno. En estos edificios, muchas veces los sistemas se diseñan separando por áreas a la edificación en función de los pacientes, se controla humedades y partículas ambientales, o se instalan filtros de limpieza para la disminución de riesgos bacteriológicos. (Koenigshofer, Murphy, & Grondizik, 2013)

Iluminación. – El ahorro energético es una prioridad en el diseño de edificios a nivel mundial. La energía consumida por las edificaciones representa el 50% de la energía eléctrica utilizada en el planeta. Teniendo en cuenta que la iluminación representa alrededor del 11% de la energía eléctrica empleada en edificios residenciales y del 21% en edificios comerciales, este es uno de los sistemas de mayor interés para la eficiencia y ahorro energético. (Cheng Y. , Fang, Yuan, & Zhu, 2020)

Incluso cuando no se piensa en una edificación inteligente, en la actualidad siempre se tiende a preservar y ahorrar la energía eléctrica mediante el empleo de tecnologías accesibles y económicas como son el uso de focos LEDs (light-emitting diodes). Sin embargo, los edificios inteligentes regulan la intensidad de luz, dependiendo del propósito de cada ambiente, en función del confort de los ocupantes. Un ejemplo de esto es la iluminación de espacios comunales como recepciones de edificios donde la iluminación se regula en función de la luz natural que entra a esta zona del edificio, manteniendo una misma claridad durante todas las horas del día. (Cheng Y. , Fang, Yuan, & Zhu, 2020)

La iluminación es especialmente importante en edificios de oficinas y centros de educación, no solo por el gasto energético que significa para la edificación, sino también por su influencia en la productividad y salud de los seres humanos. Una buena iluminación debe ajustarse a varios factores involucrados en el trabajo de las personas como es el caso de seguridad industrial, productividad, motivación y relaciones interpersonales. En edificios inteligentes del más alto nivel, se tiende a estudiar todos estos factores biológicos y sociales durante los primeros años de operación del edificio. Debido a que los edificios inteligentes pueden ser regulados en función de necesidades particulares, se puede llegar a encontrar la iluminación óptima para cada ambiente de estudio y trabajo. (Kralikova & Piňosova, 2016)

Energía. - Los sistemas de eficiencia energética de los edificios inteligentes están, básicamente, conformados por otros sub-sistemas que puedan regularse a través de puntos centralizados de control en un edificio. Cuanto se trata a energía, no necesariamente se cuenta con un solo sistema para toda la edificación, sino que, puede verse dividido en varias integraciones en base a las necesidades y usos de la estructura.

La eficiencia energética es un trabajo integrado que debe cubrirse durante todo el ciclo de vida de un edificio. La principal fuente de soporte, y gracias a la cual se puede optimizar el uso de energía, es la recopilación de información. La información se recauda a través de múltiples sensores que pasan a una fuente general de información, también conocida como Big Data, que permite al sistema computacional del edificio tomar decisiones de acuerdo a cada situación presentada y reconocer patrones a lo largo del tiempo. (Moreno, y otros, 2018)

Es importante que se señale que, debido a que el sistema de control energético debe funcionar durante la vida útil de la estructura, este se debe reestructurar y programar de acuerdo a

las variaciones de usos y necesidades de la edificación. Esto permite lograr la mejor eficiencia energética a lo largo del tiempo, perfeccionando las estrategias de uso y el funcionamiento de la edificación como tal. (Moreno, y otros, 2018)

Seguridad. - La seguridad en cuanto a edificios inteligentes debe ser dividida en dos sectores importantes. La primera es la seguridad física, referida a todo riesgo que puedan sufrir las personas o los objetos materiales de una edificación. El segundo sector, y mayormente vulnerado por las cualidades de estos edificios, es el riesgo de ataques cibernéticos.

La seguridad física es una de las cualidades más importantes de las edificaciones inteligentes. Abarca todo aquello que puede representar un peligro para los ocupantes o la edificación, pero a su vez se puede monitorear. En cuanto a los peligros como incendios, daños en tuberías o fugas de gas, los edificios inteligentes brindan la posibilidad de detectar problemas, identificar el lugar exacto del mismo y actuar de una forma eficiente y rápida. La colocación de sensores múltiples a través de un edificio permite tener un control absoluto y, mediante una programación, se puede dar respuestas automáticas desde la computadora central de la estructura. (Krishnan, Anjana, & Rao, 2017)

Por otro lado, la seguridad física también abarca, en gran cantidad de edificios inteligentes, el monitoreo de las personas. La ventaja de aquellos edificios que funcionan con inteligencia artificial es que se puede solicitar a la computadora cualquier clase de reconocimiento semejante a tareas humanas. El poder computacional, hoy por hoy, permite a sistemas de seguridad avanzados identificar a personas mediante cámaras de video, lo cual da lugar a una seguridad mucho más eficiente que en aquellos edificios donde el monitoreo de video vigilancia lo realiza un ser humano. En aquellos edificios que no cuentan con esta tecnología, se pueden utilizar dispositivos físicos, como pulseras, para que se identifique a las personas a través del edificio. (Krishnan, Anjana, & Rao, 2017)

La seguridad cibernética es un reto aún más grande debido a que, a medida que se colocan más sistemas tecnológicos o se instalan mayor cantidad de sensores, los edificios tienden a estar expuestos a mayor cantidad de riesgos de ataque y errores operacionales. Los riesgos en un edificio pueden ir desde el fallo de la interconectividad de los usuarios y/o los equipos instalados, hasta el ataque a la información y control de la computadora central por parte de agentes externos. Es por ello que se debe evitar la vulnerabilidad del edificio durante su construcción y diseñar un sistema

integrado de seguridad que esté protegido, tanto a través de software como hardware, de ataques a la información y control durante el ciclo de vida. Esto se conoce como “security by design”, o seguridad por diseño. (Boca & Radulescu, 2019)

Hidráulica. – Los edificios inteligentes, al estar enfocados en la productividad, eficiencia y ahorro en costos de operación, toman en cuenta los diseños hidráulicos como una de las fuentes principales de ahorro económico. A pesar de que gran parte del ahorro hídrico de una edificación se regula a través del tipo de aparatos sanitarios instalados, los edificios inteligentes cuentan con sistemas que buscan el ahorro por medio de la prevención de desperdicios y la circulación eficiente del agua a través del edificio.

Dentro de los sistemas hidráulicos, algunos edificios inteligentes cuentan con sensores, como manómetros, que permiten conocer la presión de agua a lo largo de las tuberías del edificio. Mediante sistemas sencillos de respuesta automatizada, algunos edificios inteligentes identifican la pérdida de presión en zonas donde existan fugas de agua y, por medio de una respuesta mecánica, cierran válvulas de paso para evitar estos inconvenientes. Adicionalmente, gracias a su conectividad, se generan avisos o alertas a los usuarios para dar a conocer que existe un potencial de fuga y el lugar donde se debe realizar el diagnóstico técnico correspondiente. (Miralles, Control y Gestión Integrada de un Edificio Inteligente para Oficinas, 2006)

También, se consigue un ahorro de agua mediante el diseño de la red de tuberías que, mediante válvulas inteligentes, pueden minimizar el desperdicio del recurso hídrico, integrando la distribución de agua caliente y agua fría. Estos sistemas reducen la energía necesaria para generar agua caliente mediante la distribución y manejo inteligente del flujo por la red de tuberías. Es importante señalar que estos sistemas son particularmente útiles en edificaciones residenciales y de salud, donde existe una mayor demanda de agua caliente. (BELIMO, 2013)

Telecomunicaciones. - La conectividad de una edificación inteligente, o su capacidad de telecomunicación, sucede a través de la integración de componentes físicos y redes inalámbricas que permiten: el intercambio de información entre dispositivos, eficiencia y ahorro energético, y mejor funcionalidad de servicios en el edificio. Las dimensiones físicas comprenden el cableado, espacios o ambientes, fuentes de energía y la infraestructura. La integración de estos sistemas, en conjunto con aquellas redes inalámbricas, da mejores resultados que el control individual de cada sistema de manera individual en una edificación.

La International Standards Organization (ISO) desarrolló el modelo de interconexión denominado Open System Interconnection (OSI) model. Este modelo presenta una serie de guías mediante las cuales las redes de comunicación e información pueden organizarse dentro de una edificación. El OSI cuenta con distintos niveles organizados en función de la información transmitida que pretende que las edificaciones se diseñen y construyan en base a la seguridad, eficiencia y velocidad de las redes de comunicación. (Sinopoli, Smart Building Systems for Architects, Owners, and Builders, 2010)

A pesar de que en la actualidad la tecnología tiende a mecanismos de transferencia de información y datos de forma inalámbrica, los componentes físicos de los sistemas de telecomunicaciones de edificios inteligentes aún son fundamentales. Esto se debe a que, con el uso de tecnología en cableado y otros componentes eléctricos, la eficiencia de la estructura puede igualar a las redes inalámbricas, sin comprometer la seguridad, funcionalidad y vida útil de este sistema. La Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (Telecommunications Industry Association – TIA) generó una estandarización de diseño de cableado aplicable para edificios inteligentes denominada “Building Automation Systems Cabling Standard for Commercial Buildings” que sugiere el uso de cables de cobre trenzado y fibra óptica para la mejor eficiencia y velocidad de información. Sin embargo, debido a que muchos elementos y equipos electrónicos no soportan esta clase de cableado, los sistemas se complementan por medio de redes inalámbricas. (Sinopoli, Smart Building Systems for Architects, Owners, and Builders, 2010)

2.2.2 Tipos de Tecnologías y sistemas de control

Actualmente, se pueden identificar dos grupos principales de tecnologías y sistemas que controlan el avance y tendencias en materia de edificios inteligentes. Estos grupos son las Tecnologías de la Información y Comunicación, y la conocida como Internet de las Cosas.

2.2.2.1 Tecnologías de la Información y Comunicación

Las tecnologías de la información y comunicación o ICT (Information and Communication Technologies) tienen una aplicación principal en los edificios inteligentes. Estos sistemas buscan conectar el sistema operativo de una edificación con las personas que la ocupan para lograr la mayor eficiencia energética y productividad posible del edificio mientras se mejora el confort y los servicios. ICT se refiere a todo sistema de comunicación e intercambio de información,

incluyendo redes de computadoras, software, hardware, radio, e incluso el internet. Estos sistemas, dentro del campo de Smart Building, permiten la participación activa de las personas en las funciones y serviciabilidad de un edificio a través de la conectividad. (Monteiro, y otros, 2020)

La eficiencia de un edificio inteligente se sustenta en la habilidad de implementar las tecnologías, técnicas y equipos apropiados para que cada edificación cumpla con funciones determinadas. Las ICT dan lugar a la conectividad entre las distintas tecnologías y equipos para que trabajen de forma simultánea, intercambiando información y datos que pueden guiar las acciones de diversos sistemas dentro de un edificio. (Benavente & Ibadah, 2019)

La Inteligencia Artificial (AI) y Machine Learning (ML) son tecnologías y técnicas que pueden funcionar gracias a las ICT a través de la Big Data. Machine Learning es la técnica mediante la cual se enseña a una computadora a aprender de experiencias o información pasada. ML es especialmente útil cuando no se puede programar un software para que resuelva problemas o se carece de un método de respuesta para problemas complejos. En los edificios inteligentes, machine learning es el medio mediante el cual se puede predecir el comportamiento o preferencia de las personas, reconocer picos de demanda en servicios o recursos, etc., los cuales son problemas difíciles de atender por medio de programaciones tradicionales. (Djenouri, Djamel; Laidi, Roufaida; Djenouri, Youcef; Balasingham, Ilangko, 2018)

Un ejemplo de aplicación de machine learning en edificios inteligentes se da con frecuencia en la regulación de iluminación en zonas comunales. Por lo general, la iluminación interna depende de la cantidad de luz natural que recibe el edificio y de las necesidades o confort de las personas. Con la colocación de fotorresistencias, que miden la intensidad de luz en un espacio, y controlando la iluminación inicialmente de forma manual, se puede enseñar a la computadora del edificio a mantener una iluminación deseada de forma constante y autorregulada. (Bourhnane, y otros, 2020)

Por otro lado, la Inteligencia Artificial es una rama de las ciencias computacionales y se refiere al desarrollo de agentes inteligentes que perciban aspectos de su ambiente y tomen acciones que maximicen la probabilidad de mejorar el funcionamiento de determinado sistema. También, esta tecnología busca aprender e imitar comportamientos y acciones humanas para tomar decisiones. En los edificios donde se implementa la AI, su nivel de inteligencia y funcionamiento está determinado por la programación de esta. La inteligencia artificial dentro de estos edificios se encarga de captar toda la información relevante para el funcionamiento de los diversos sistemas

de la edificación, reconocer el comportamiento y actividades de las personas, clasificar y encontrar patrones lógicos en la Big Data mediante los cuales se puedan regular dichos sistemas para mejorar su eficiencia y reducir el consumo energético. Es importante recalcar que la AI es capaz de procesar toda la información de forma simultánea y en tiempo real, lo cual entrega una ventaja sobre las tecnologías que funcionan netamente con programaciones. (Benavente & Ibadah, 2019)

Un ejemplo de la utilidad de la inteligencia artificial en un edificio es el control de la climatización. Muchos edificios regulan la temperatura mediante sensores que miden la misma y computadoras que controlan el sistema de climatización que actúan en función de una programación establecida. A diferencia de estas acciones, la AI puede captar y procesar datos provenientes de diversas fuentes para controlar el mismo sistema de climatización. Esta puede medir la temperatura interna del edificio, la temperatura externa, identificar las condiciones ambientales y reconocer la cantidad de personas dentro de cada ambiente, de tal forma que en función de estos datos se pueda controlar la temperatura con el menor consumo de energía posible. La ventaja del uso de inteligencia artificial, a diferencia de una programación software o incluso de ML, es que esta puede optimizar el control de temperatura en base a las cualidades del aire exterior para minimizar el uso de aire acondicionado o calefacción dentro del edificio. En este caso, si las condiciones exteriores son adecuadas, la inteligencia artificial puede permitir mayor circulación de aire y reducir la acción del sistema de control de temperatura interno como aire acondicionado o calefacción, lo cual reduce costos de manera significativa. (Bipat, 2020)

La inteligencia artificial ha probado ser más eficiente que los seres humanos en la toma de decisiones debido a que trabaja con toda la información existente y de forma simultánea. Esta solo se ve influida por datos reales y el proceso decisivo es estadístico, lo cual da menor probabilidad de error en decisiones complejas. Esta tecnología, en síntesis, imita la racionalidad y poder de decisión del ser humano en base a datos, quitando el riesgo de errores que comúnmente se dan por malas prácticas de las personas. (Singh, Vedrtam, & Sagar, 2013)

2.2.2.2 Internet de las Cosas

El internet de las cosas o IoT (Internet of Things) se refiere a todos los objetos, máquinas, sensores, softwares, tecnologías y personas que intercambian información a través de redes alámbricas e inalámbricas de internet. IoT es un campo que actúa con mayor fuerza en ciudades inteligentes. Sin embargo, y debido a que los edificios inteligentes son una parte fundamental de

las ciudades inteligentes, también tiene una influencia importante en las Smart Buildings. Esta tecnología o sistema tecnológico tiene la propiedad de darle un nivel de inteligencia a cada elemento del mismo ya que permite que decisiones y acciones se tomen en función de información real que se recopila a través del intercambio de datos. (Khodadadi & Buyya, 2017)

Se suele definir a IoT por medio de tres categorías: las interacciones a través de internet de (1) Persona a persona, (2) Persona a máquina y (3) Máquina a máquina. Todo este proceso busca la cooperación a través de dispositivos y tecnologías que den lugar a mejores resultados en metas comunes entre los elementos, como pueden ser la seguridad, desarrollo de nuevos proyectos, mejoras en servicios, entre otros. El trabajo en conjunto del mundo físico, digital y virtual crea ambientes inteligentes que permiten el ahorro energético y la eficiencia de trabajo. (Salazar, 2016)

Como ya se mencionó anteriormente, un edificio inteligente es un espacio que optimiza la eficiencia, el confort, la seguridad y el desempeño dentro de una edificación. La operación de estos edificios se da a través del Sistema de administración del Edificio, o BMS (Building Management System) que adquiere un cierto nivel de inteligencia a través del sistema operativo y la información que maneja. El internet es una herramienta de gran utilidad en la edificación inteligente debido a su potencial de almacenar y transferir información casi sin limitaciones de espacio, conectividad o acceso. La información de un sensor, por ejemplo, puede enviarse desde el mismo hacia un servidor o equipo con el cual el usuario puede informarse y tomar acción, todo esto en tiempo real.

La tecnología IoT puede tener resultados favorables en dispositivos sencillos o complejos sistemas integrados como una ciudad inteligente. La capacidad de permitir la interacción entre elementos potencializa la competitividad de dichos sistemas y logra el ahorro de energía, costos y recursos a través de la toma de decisiones basadas en información real y actualizada. A pesar del sinnúmero de beneficios particulares o generales de IoT, en el campo de los edificios inteligentes se pueden identificar los siguientes beneficios principales (Kejriwal & Mahajan, 2016):

- Comunicación abierta entre dispositivos.
- Almacenamiento y análisis de información a través de plataformas comunes, incluyendo la nube.
- Participación mínima o ausencia de operaciones manuales.
- Decisiones estratégicas, automatizadas y con resultados cuantitativos.

- Aprovechamiento de una infraestructura, sus espacios y servicios a través de soluciones BMS.
- Sostenibilidad, ahorro energético y de recursos.
- Mayor generación de ingresos con costos de operación menores.

La tecnología IoT abre las puertas al desarrollo sostenible de las ciudades y su implementación en edificios inteligentes es primordial para dicho desarrollo. El alcance de esta tecnología solo se ve limitada por la información que se recolecta, pero puede implementarse en todos los campos del control y la automatización de sistemas. Por ende, estas tecnologías son una herramienta de gran alcance en cuanto a los sistemas de control y operación de edificios inteligentes.

2.2.3 Aplicación de tecnologías en edificios inteligentes

Building automation system³ (BAS) o también llamado Building management system⁴ (BMS) hace referencia a sistemas computarizados para el control de edificios. Estos sistemas engloban: estaciones remotas independientes, controladores, estaciones de cómputo, etc. El BAS es un conjunto de varios subsistemas informáticos conectados entre sí, capaces de recibir, procesar y enviar información, con el fin de formar un sistema más grande y complejo para operar y controlar un edificio. (Wang, 2010)

El sistema de operación y control se diseña según las necesidades que tiene cada edificio, con el objetivo de satisfacer las demandas de servicios y operación del mismo. Por tanto, jamás existirán dos sistemas iguales, aunque los componentes utilizados para edificios sean idénticos.

Los BAS incluyen: sistemas HVAC, sistemas eléctricos, sistemas de iluminación, sistemas contra incendios y sistemas de seguridad y sistemas de ascensores. Estos, pueden ser monitoreados, controlados y administrados por medio del BAS, ya sea, todos a la vez o en distintos grupos.

³ Sistema de automatización de edificios

⁴ Sistema de gestión de edificios

2.2.3.1 Tecnologías para Iluminación

El sistema de control de iluminación, como muchos otros, tiene como objetivo la distribución de energía a las unidades de iluminación disponible y al mismo tiempo implementa controles digitales en muchos de los dispositivos de control, como en el panel de disyuntores, interruptores de pared, fotoceldas, sensores y accesorios. De esta manera, se aumenta significativamente la funcionalidad y flexibilidad del sistema de iluminación al proporcionar control digital e inteligencia a los dispositivos finales. (Sinopoli, Advanced Technology for Smart Buildings, 2016)

Los sistemas de iluminación tienen un protocolo de comunicación llamado interfaz de iluminación con capacidad de dirección digital o DALI⁵ para balastos e interruptores de relé. DALI está dirigido a las necesidades de aplicaciones de iluminación comercial y arquitectónica más simples y requiere menos experiencia en su implementación. (Sinopoli, Advanced Technology for Smart Buildings, 2016)

DALI es un protocolo de fuente abierta, que especifica los requisitos de rendimiento para balastos electrónicos. Cada controlador DALI puede manejar hasta 64 unidades individuales y 16 agrupaciones. Debido a que el protocolo DALI es para uso exclusivo de los sistemas de control de iluminación, su integración con otros sistemas puede requerir una traducción del protocolo con sistemas que utilicen BACnet o LonWorks. (Sinopoli, Advanced Technology for Smart Buildings, 2016)

2.2.3.2 Tecnologías para sistemas HVAC

Los sistemas HVAC proporcionan un entorno controlado dentro del edificio mediante la regulación de temperatura, humedad, distribución del aire y calidad del aire interior. Para edificios inteligentes, la optimización de los sistemas de aire acondicionado es fundamental. Existen cuatro métodos de control para los sistemas HVAC: método de control óptimo basado en modelos, método de control óptimo híbrido, el método de control óptimo basado en el mapa de rendimiento y el método de control óptimo sin modelos.

⁵ Digital Addressable Lighting Interface

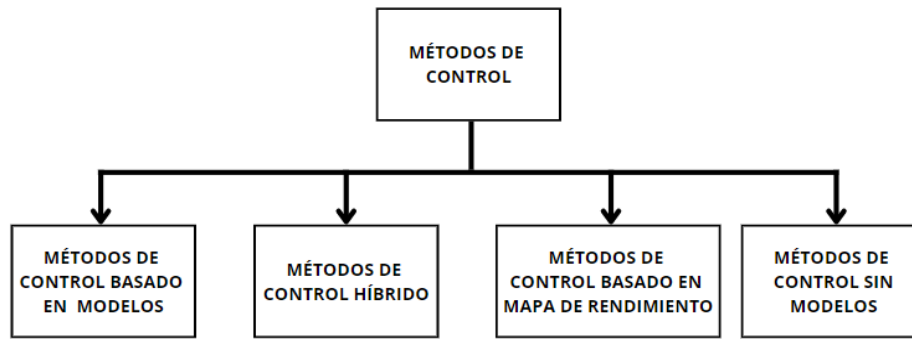


Figura 2. Clasificación métodos de control óptimo para sistemas HVAC. Fuente: Elaboración propia

Dentro de los métodos de control sin modelos se encuentran los sistemas expertos y el enfoque de aprendizaje por refuerzo, relacionado con el concepto de Machine Learning antes detallado. Un sistema experto tiene la capacidad de determinar los ajustes de control más eficientes energéticamente para el funcionamiento óptimo de los sistemas HVAC, basándose en el conocimiento y la información obtenida de los BAS. Estos sistemas pueden imitar el razonamiento humano para la toma de decisiones en determinadas condiciones de trabajo y deducir soluciones razonables con un conjunto de datos incompletos. Por otro lado, en el enfoque de aprendizaje por refuerzo, el sistema de control intenta mejorar su comportamiento en función de los resultados de acciones anteriores sin poseer un conocimiento previo del entorno. (Wang, 2010)

El método de control basado en modelos tiene como objetivo predecir la energía y desempeño del sistema, mediante los componentes del mismo. Las mediciones recopiladas de los BAS se utilizan para ajustar los parámetros del modelo para que representen el sistema real y de esta manera buscar una configuración de control de eficiencia energética y minimizar la entrada de energía del sistema, además del costo operativo. Las estrategias de control basada en modelos reaccionan rápidamente a los rápidos cambios de las condiciones internas y externas. (Wang, 2010).

En el control óptimo híbrido, se combinan diferentes tipos de métodos de control basados en modelos y métodos de control sin modelos para formular las estrategias de control óptimo. Las características del enfoque basado en modelos y del enfoque sin modelos se combinan para lograr un alto rendimiento de control. Los métodos de control óptimo formulados de esta manera pueden proporcionar un buen rendimiento de control. (Wang, 2010).

2.3 Normativa vigente respecto a edificios inteligentes en la ciudad de Quito

Hasta la fecha de elaboración del presente trabajo, no se ha registrado ninguna normativa respecto a edificios Inteligentes en la ciudad de Quito. No obstante, existen normativas municipales con respecto a los edificios Eco-Eficientes. Pese a que tienen varias similitudes, un edificio Inteligente puede ser al mismo tiempo un edificio Eco-Eficiente pero no necesariamente se cumple de manera inversa. A pesar de todo esto, la normativa municipal para edificios Eco-eficientes puede ayudar a esta investigación e incluso puede servir de base para una normativa futura aplicada específicamente a edificios inteligentes.

Por motivos de esta investigación, la normativa a utilizarse será la Ordenanza Metropolitana No. 0003 y de acuerdo a la Resolución No. STHV-14-2017. Esta normativa habla sobre la eco-eficiencia como el conjunto de conceptos y estrategias que impulsan el desarrollo urbano sostenible por medio de edificaciones que: disminuyan el consumo de agua potable, reutilicen y gestionen aguas residuales, se beneficien del agua lluvia, traten la escorrentía urbana, perfeccionen el consumo de energía eléctrica, aprueben normas que reduzcan la emisión de gases de efecto invernadero, cataloguen y gestionen residuos sólidos, edifiquen con materiales de bajo impacto ambiental, agreguen cobertura vegetal y arbolado urbano e implementen criterios de diseño bioclimático. Por ende, las construcciones Eco-Eficientes son aquellas que agregan en su diseño, funcionamiento y construcción las estrategias señaladas en esta investigación, todas ellas estudiadas y calificadas por la Matriz de Eco-Eficiencia. (Ordenanza Metropolitana No. 003, 2020).

En este sentido, en los años 2016 y 2017, la Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda emitió resoluciones administrativas en las que se determina que “los proyectos inmobiliarios ubicados en las áreas de influencia de las estaciones del Metro de Quito y de los corredores exclusivos, (...) podrán incrementar el número de pisos por sobre lo establecido en el Plan de Uso y Ocupación de Suelo. Esto se hace factible siempre que se efectúen de manera adecuada los parámetros de eficiencia ambiental en materia de agua, energía, espacio público, aportes tecnológicos, entre otros. Además, se deberán calificar imparcialmente por un sistema de puntuación que deberá estar vinculada a una Matriz de Eco-Eficiencia”. (Ordenanza Metropolitana No. 003, 2020).

Según la Resolución No. STHV-14-2017 [Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda], para los proyectos que apliquen al incremento de pisos por: la reutilización de aguas servidas, garanticen limitaciones de consumo de energía y agua, y en general las que sean un aporte paisajístico, ambiental y tecnológico a la ciudad; la normativa establece que los edificios deben cumplir con las siguientes características técnicas:

- Implantarse en lotes cuya área sea igual o mayor a 400m².
- Implantarse en lotes cuyo uso principal sea M (uso múltiple), RU3 (residencial urbano que permite equipamientos, comercios y servicios de nivel barrial, sectorial zonal y metropolitano, así como industrias de bajo impacto), RU2 (residencial urbano que permite equipamientos, comercios y servicios de nivel barrial, sectorial y zonal, así como industrias de bajo impacto);
- Implantarse en lotes que se encuentran dentro del área de influencia del Sistema Integral de Transporte Metropolitano o en polígonos definidos por la Matriz de Cambio de Usos de Suelo, Zonificación y Clasificación del suelo generada en el proceso de actualización del Plan de Uso y Ocupación del Suelo del Distrito Metropolitano de Quito.
- Implantarse en lotes frentistas a una vía cuyo ancho mínimo, incluido aceras, sea de 12 metros.
- En caso de que el lote tenga frente a más de una vía, por lo menos una de ellas debe tener un ancho mínimo de 12 metros, y la o las vías secundarias no podrán ser menores a 10 metros.
- No implantarse en lotes que se encuentren en zonas de riesgo no mitigables.
- Los proyectos implantados en lotes que se encuentren dentro del área de influencia del Sistema Integrado de Transporte Metropolitano deberán acogerse a la Matriz de Eco-Eficiencia No.1; los proyectos implantados en lotes ubicados fuera del área de influencia del Sistema Integrado de Transporte Metropolitano deberán acogerse a la Matriz de Eco-Eficiencia No.2; y los proyectos cuya edificabilidad máxima incluída los pisos adicionales a los que aplica el proyecto, es de seis pisos, deberán acogerse a la Matriz de Eco-Eficiencia No.3.
- Para optar por el incremento de número de pisos, los proyectos deberán completar la Matriz de Eco-Eficiencia que será calificada a través del procedimiento especial, y cuya puntuación determinará el número de pisos adicionales que el proyecto podrá obtener con

relación al número de pisos determinado en el PUOS (Plan de Uso y Ocupación del Suelo).
21 de diciembre de 2017

Además de los requisitos expuestos anteriormente, el edificio debe cumplir con un rango de calificación según el número de pisos que se desea obtener y la zona donde este se encuentre ubicado. La calificación del edificio se obtiene mediante la suma del cumplimiento de parámetros de la matriz de Eco-eficiencia. A continuación, se detalla el número de pisos de acuerdo al porcentaje obtenido en la Matriz de Eco-eficiencia:

Tabla 2.1.

Rango de Calificación Aplicable a la Matriz de Eco Eficiencia.

Rango de Calificación	Área de Influencia de las paradas de Corredores Exclusivos de Transporte	Área de Influencia de las estaciones del Metro de Quito
60%-69%	25% de pisos adicionales	25% de pisos adicionales
70%-79%	50% de pisos adicionales	50% de pisos adicionales
80%-89%	N/A	75% de pisos adicionales
90%-100%	N/A	100%% de pisos adicionales

Fuente: Resolución No. STHV-14-2017

La Resolución No. STHV-14-2017 divide al Distrito Metropolitano de Quito en zonas o áreas de influencia para la construcción Eco-Eficiente. Según la ubicación del edificio en estas zonas, se aplica una Matriz de Eco-eficiencia distinta. A continuación, se detalla el Mapa de Quito donde se visualiza la separación por zonas de la ciudad:

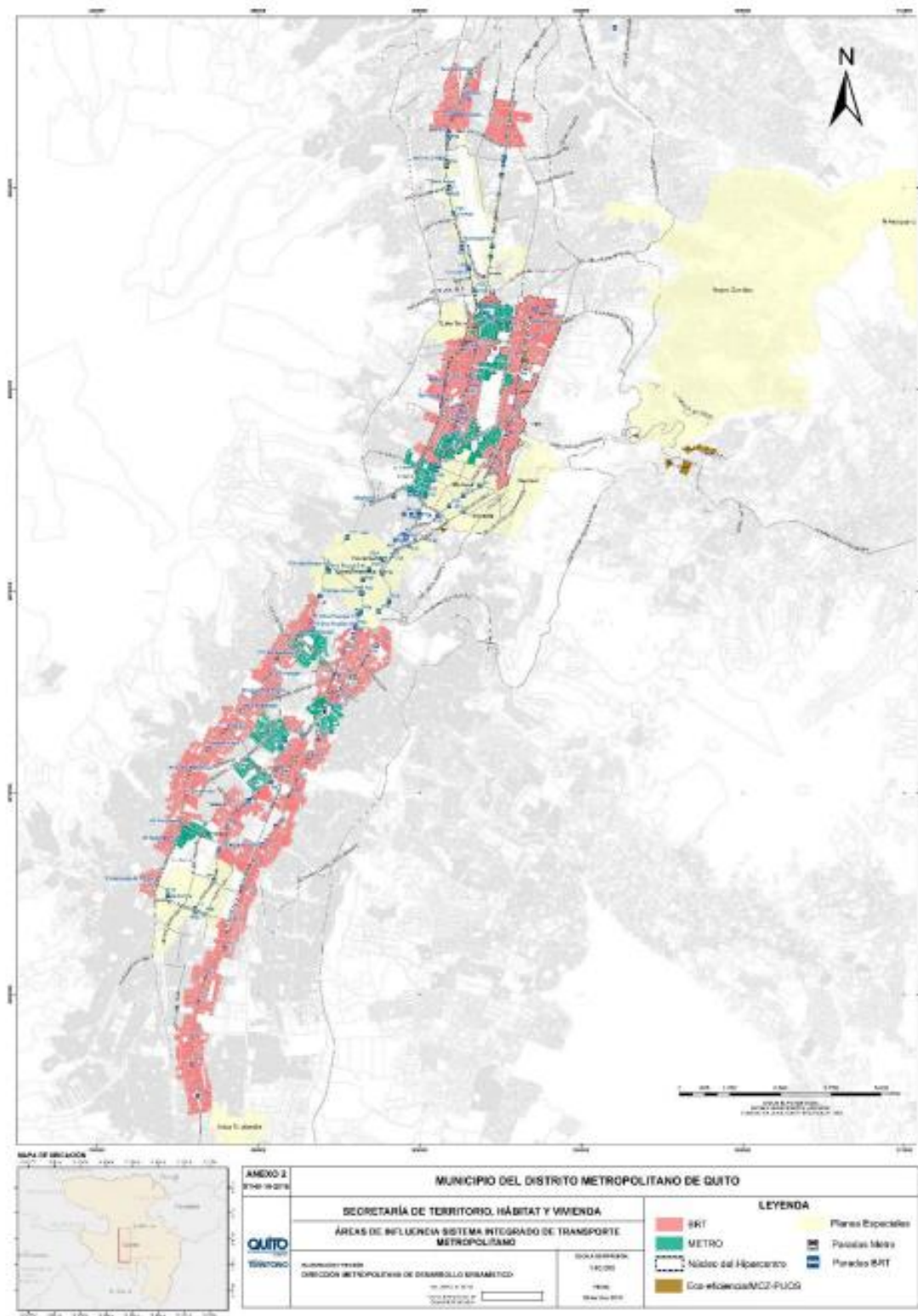


Figura 3. Área de influencia sistema integrado de Transporte Metropolitano. Fuente: Resolución No. STHV-14-2017

Matriz de Eco-eficiencia.- la matriz de Eco-eficiencia se divide en limitaciones en consumo de agua, consumo energético y en aportes Ambientales, paisajísticos y tecnológicos. La Resolución No. STHV-14-2017 establece 3 Matrices de Eco-Eficiencia, según la zona donde se construirá el edificio:

Tabla 2.2.

Matriz de Eco eficiencia No. 1

Limitaciones en Consumo de Agua	Retención de agua en superficie	Porcentaje de área permeable	3,0 %
		Porcentaje de agua lluvia retenida	7,0 %
	Eficiencia en el consumo de agua potable, tratamiento de aguas grises y reutilización de agua lluvia	Eficiencia en consumo de agua	6,0 %
		Tratamiento de aguas grises	8,0 %
		Reutilización de agua lluvia	8,0 %
Limitaciones en consumo de energía	Consumo del edificio	Eficiencia en el consumo de energía	5,0 %
		Balance consumo/generación	3,0 %
	Eficiencia en consumo de energía relacionada a la movilidad	Espacios para comercio y/o equipamiento social	4,0 %
		Diversidad de usos	12,0 %
		Estacionamientos de bicicletas	3,0 %
		Reducción del número de estacionamientos	10,0 %
Aportes ambientales, paisajísticos y tecnológicos	Tecnológicos	Materiales: Renovables, reciclados, locales, reuso, bajas emisiones	3,0 %
		Uso de materiales livianos en mamposterías	4,0 %
	Ambientales y paisajísticos	Planes de Manejo: Escombros, desechos sólidos y mantenimiento	4,0 %

Diseño Bioclimático	Integración de la Planta a nivel de Acera al espacio publico	4,0 %
	Unificación de lotes	6,0 %
	Cobertura vegetal	3,0 %
	Reflectancia y absortancia	2,0 %
	Confort Térmico	3,0 %
	Confort lumínico	2,0 %

Fuente: Resolución No. STHV-14-2017

Tabla 2.3.

Matriz de Eco Eficiencia No. 2

Limitaciones en Consumo de Agua	Retención de agua en superficie	Porcentaje de área permeable	6,0 %
		Porcentaje de agua lluvia retenida	6,0 %
	Eficiencia en el consumo de agua potable, tratamiento de aguas grises y reutilización de agua lluvia	Eficiencia en consumo de agua	6,0 %
		Tratamiento de aguas grises	10,0 %
		Reutilización de agua lluvia	9,0 %
Limitaciones en consumo de energía	Consumo del edificio	Eficiencia en el consumo de energía	5,0 %
		Balance consumo/generación	7,0 %
	Eficiencia en consumo de energía relacionada a la movilidad	Espacios para comercio y/o equipamiento social	4,0 %
		Diversidad de usos	5,0 %
		Estacionamientos de bicicletas	2,0 %
		Reducción del número de estacionamientos	4,0 %

Aportes ambientales, paisajísticos y tecnológicos	Tecnológicos	Materiales: Renovables, reciclados, locales, reuso, bajas emisiones	3,0 %
		Uso de materiales livianos en mamposterías	5,0 %
	Ambientales y paisajísticos	Planes de Manejo: Escombros, desechos sólidos y mantenimiento	6,0 %
		Integración de la Planta a nivel de Acera al espacio publico	3,0 %
		Unificación de lotes	6,0 %
		Cobertura vegetal	5,0 %
	Diseño Bioclimático	Reflectancia y absortancia	3,0 %
		Confort Térmico	4,0 %
		Confort lumínico	2,0 %

Fuente: Resolución No. STHV-14-2017

Tabla 2.4.

Matriz de Eco Eficiencia No. 3

Limitaciones en Consumo de Agua	Retención de agua en superficie	Porcentaje de área permeable	3,3 %
		Porcentaje de agua lluvia retenida	7,6 %
	Eficiencia en el consumo de agua potable, tratamiento de aguas grises y reutilización de agua lluvia	Eficiencia en consumo de agua	6,5 %
		Tratamiento de aguas grises	N/A
		Reutilización de agua lluvia	8,7%
Limitaciones en consumo de energía	Consumo del edificio	Eficiencia en el consumo de energía	5,4 %
		Balance consumo/generación	3,3 %

Aportes ambientales, paisajísticos y tecnológicos	Eficiencia en consumo de energía relacionada a la movilidad	Espacios para comercio y/o equipamiento social	4,3 %
		Diversidad de usos	13,0 %
		Estacionamientos de bicicletas	3,3 %
		Reducción del número de estacionamientos	10,9 %
	Tecnológicos	Materiales: Renovables, reciclados, locales, reuso, bajas emisiones	3,3 %
		Uso de materiales livianos en mamposterías	4,3 %
	Ambientales y paisajísticos	Planes de Manejo: Escombros, desechos sólidos y mantenimiento	4,3 %
		Integración de la Planta a nivel de Acera al espacio publico	4,3 %
		Unificación de lotes	6,5 %
		Cobertura vegetal	3,3 %
	Diseño Bioclimático	Reflectancia y absortancia	2,2 %
		Confort Térmico	3,3 %
		Confort lumínico	2,2 %

Fuente: Resolución No. STHV-14-2017

➤ *Instructivo de aplicación de las matrices de eco-eficiencia.-*

Para obtener los porcentajes de las Matrices de Eco-eficiencia, la resolución establece las siguientes formulas:

- **Eficiencia en consumo de agua**

Tiene como objetivo principal el ahorro en consumo de agua y su posterior tratamiento y reutilización en edificios.

- Porcentaje de área permeable.- Porcentaje de área del lote que cuenta con suelo permeable. Se calcula relacionando el área neta permeable propuesta en relación con el área neta total del lote.

$$Pasp = \left(\frac{Asp}{Anl} \right) * 100$$

Ecuación 1. Porcentaje de área permeable

Donde:

Pasp= Porcentaje de área de suelo permeable

Anl: área neta total del lote

Asp: área neta del suelo permeable

- Porcentaje de agua lluvia retenida.- Hace referencia al porcentaje de agua lluvia retenida por medio de estrategias de almacenamiento temporal y su desalojo.

$$Prall = \left(\frac{Rall}{50 * Ant} \right) * 100$$

Ecuación 2. Porcentaje de agua lluvia retenida

Donde:

Prall= Porcentaje de retención de agua lluvia

Rall: volumen de retención de agua lluvia

Ant: área neta del terreno.

- Eficiencia en consumo de agua.- Compara dos escenarios de consumo de agua potable para evaluar el porcentaje de ahorro hídrico de un edificio.

$$PaH2O = \left(\frac{Di - Df}{Di} \right) * 100$$

Ecuación 3. Eficiencia en consumo de agua

Donde:

PaH2O: Porcentaje de ahorro de agua por habitante

Df: demanda final por habitante incluyendo todos los pisos solicitados y las estrategias de ahorro de agua.

Di: demanda inicial por habitante incluyendo todos los pisos solicitados, tomando como base de cálculo el valor de consumo máximo de 200 litros por habitante por día para el caso de residencia.

- Tratamiento de aguas grises.- Evalúa la capacidad del edificio de tratar agua grises con el objetivo de reducir la contaminación del agua.

$$TH2Og = \left(\frac{VH2OGT}{VH2OGG} \right) * 100$$

Ecuación 4. Tratamiento de aguas grises

Donde:

TH2Og: Tratamiento de aguas grises

VH2OGR: volumen de aguas grises tratado

VH2OGG: volumen de aguas grises total generado.

- Reutilización de agua lluvia.- Hace referencia a la cantidad de agua lluvia reutilizada por un edificio.

$$RH2Olu = \left(\frac{Vallur}{Dtae} \right) * 100$$

Ecuación 5. Reutilización de agua lluvia

Donde:

RH2Ollu: reutilización de agua lluvia

Vallur: volumen de agua lluvia reutilizada

Dtae: Demanda total (optimizada) de agua del edificio

- **Eficiencia del consumo energético**

- Eficiencia en el consumo energético.- Compara dos escenarios de consumo energético de la edificación. El primer escenario representa el consumo energético del edificio con todos los pisos propuestos. El segundo escenario es aquel donde el consumo energético del edificio se mide con todos los pisos propuestos incluyendo las estrategias de ahorro energético del edificio.

$$Pae = \left(\frac{Cei - Cef}{Cei} \right) * 100$$

Ecuación 6. Eficiencia en el consumo energético

Donde:

Pae: Porcentaje de ahorro energético

Cef: consumo de energía final incluyendo todos los pisos solicitados y las estrategias de ahorro energético

Cei: consumo energético inicial con todos los pisos solicitados

- Balance consumo/generación.- Este parámetro compara el consumo de energía total del edificio con el consumo de energía renovable generada o aprovechada en sitio.

$$Be = \left(\frac{Egen}{Econs} \right) * 100$$

Ecuación 7. Balance consumo

Donde:

Be: Balance consumo/generación

Econs: Consumo (optimizado) de energía de todo el edificio

Egen: Energía generada o aprovechada en sitio

- Diversidad de usos.- Parámetro en el cual se establece

$$DivU = \left(\frac{AuMep}{Aut} \right) * 100$$

Ecuación 8. Diversidad de usos

Donde:

DivU: diversidad de usos

AuMeP: Área útil menos predominante

Aut: área útil total

- **Aportes paisajísticos, ambientales y tecnológicos**

Consta de parámetros que mide los aportes tecnológicos, ambientales y paisajísticos de una edificación con la finalidad de mejorar el confort urbano.

- Aportes tecnológicos.- hace referencia a materiales de construcción amigables con el ambiente, es decir, materiales de construcción que cumplan características como ser renovables, reutilizables y con emisiones bajas de vahos contaminantes.
- Uso de materiales livianos en mampostería, divisiones internas y losas.- con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de una edificación ante eventos sísmicos, este parámetro opta por utilizar materiales livianos para mejorar las características estructurales de la edificación.

$$Pap = \left(\frac{PE1 - PE2}{PE1} \right) * 100$$

Ecuación 9. Uso de materiales livianos

Donde:

Pap: Porcentaje de ahorro en peso

PE1: Peso total de los materiales de mampostería, divisiones internas y losas para el Escenario 1.

PE2: Peso total de los materiales de mampostería, divisiones internas y losas para el Escenario 2.

- Planes de manejo: escombros, desechos sólidos y mantenimiento.- Reúne aquellos planes que buscan reducir el impacto ambiental del edificio en sus fases de construcción y operación.

2.4 Categorización de edificios inteligentes por su nivel de inteligencia

Existen varios tipos de categorías o grupos en los cuales se puede dividir a los edificios inteligentes. Estos se basan en el grado de inteligencia de los mismo, es decir, la capacidad de satisfacer necesidades de los usuarios o mejorar de forma directa o indirecta la eficiencia de una edificación a través de medios tecnológicos que pueden o no ser controlados por una persona. (Ramírez, 2008)

Debido a que varios autores clasifican en grupos distintos a los edificios inteligentes por su grado de inteligencia, la mayoría de ellos identifica claramente 3 grados o niveles principales:

➤ Grado 1: Grado de inteligencia mínimo

El primer nivel de inteligencia que puede tener un edificio inteligente es, básicamente, el grado mínimo que requiere una edificación para poder ser clasificada como Smart building o edificio inteligente. En este nivel, los sistemas de telecomunicaciones internos están automatizados pero su funcionamiento no está completamente integrado. Los edificios que se encuentran en esta categoría requieren de esfuerzos humanos mayores para gestionar el mantenimiento de los sistemas, garantizar su funcionamiento y que prevalezcan las condiciones óptimas de operación. (Arciniegas, 2005)

➤ Grado 2: Grado de inteligencia medio

El segundo nivel de inteligencia que pueden presentar los edificios inteligentes está comprendido por aquellos en los que los servicios de telecomunicaciones están completamente integrados en el sistema de automatización del edificio. En otras palabras, los sistemas que

compongan el edificio inteligente se encuentran centralizados y su operación se controla de forma sistemática. Estos edificios tienen la característica de que se puede mejorar o incrementar su nivel de inteligencia a través de la inclusión de nuevos sistemas y tecnologías a aquellos existentes. (Arciniegas, 2005)

➤ Grado 3: Grado de inteligencia elevada

En el último y más alto grado de inteligencia de un edificio inteligente los sistemas de automatización, la actividad y las telecomunicaciones de la edificación se encuentran integrados y pueden ser subdivididos en otros específicos como el sistema de control, seguridad y energía. Este nivel de inteligencia, por lo general, requiere una inversión económica importante y se busca mayormente en proyectos donde el edificio cumpla funciones especiales como es el caso de edificios de oficinas, gubernamentales u hospitales. (Arciniegas, 2005)

3. CAPITULO III. SITUACIÓN ACTUAL DE EDIFICIOS INTELIGENTES LOCALIZADOS EN LA CIUDAD DE QUITO

3.1 Situación energética de los edificios inteligentes

Según el informe titulado Plan Maestro De Electrificación 2013-2022 (Consejo Nacional de Electricidad [CONELEC] 2013), en Ecuador el transporte consumió el 57% de la energía generada para consumo en el país, la industria el 17% y el sector residencial el 16%, como se puede ver en la Figura 4. Respecto a la energía generada para consumo en el país, más de un 79% fueron de fuentes de energía derivados del petróleo, mientras que el 10% de la energía requerida fue abastecido por electricidad. (CONELEC, 2013)

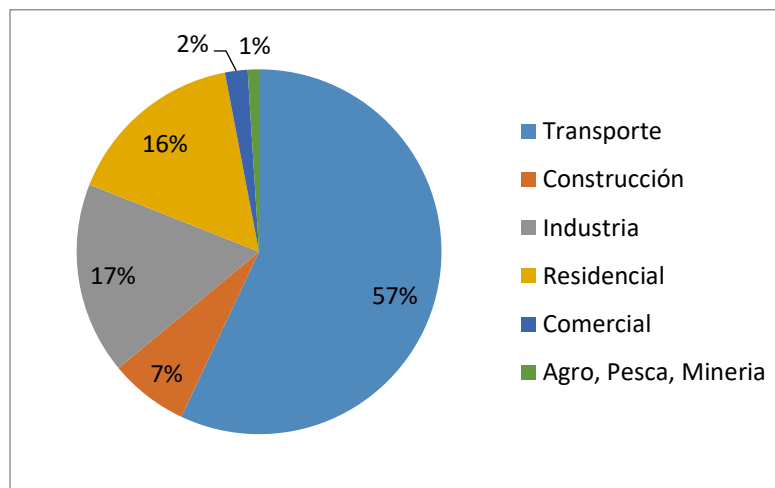


Figura 4. Consumo energético por sectores 2012. (CONELEC, 2013)

Para la Empresa Eléctrica Quito (EEQ), empresa encargada de ofrecer el servicio de luz eléctrica a todo el Distrito Metropolitano de Quito, dentro de la demanda de energía eléctrica, el consumo en el sector residencial representó un 36% del total, la industria el 31% y el sector comercial y público un 19%, como se puede ver en la Figura 5. (Empresa Electrica Quito, 2012)

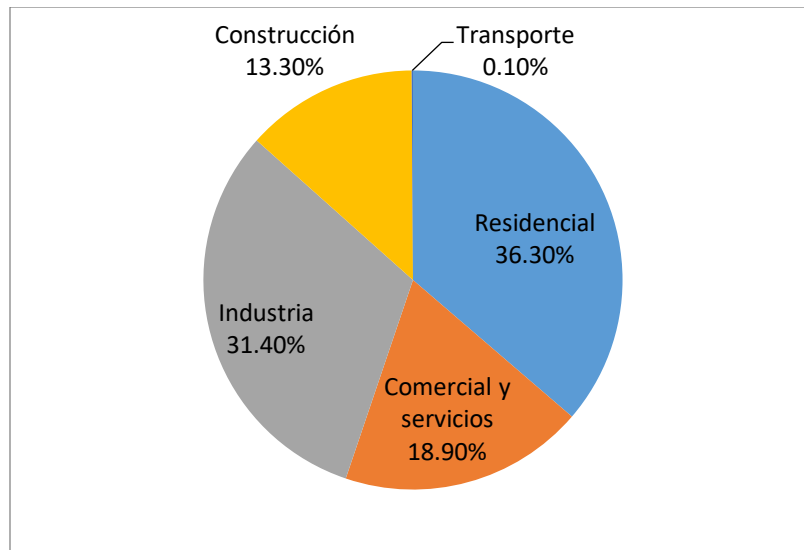


Figura 5. Consumo de energía eléctrica por sectores 2010. (Empresa Electrica Quito, 2012)

En el sector residencial, en base al informe de la EEQ, en aspecto de iluminación, el 75 % de los focos utilizados en residencias son focos ahorradores. Por otro lado, aproximadamente un 20% de la iluminación en residencias continúa siendo por focos incandescentes.

3.2 Planes de ahorro energético e hídrico

Dentro del territorio nacional y del Distrito Metropolitano de Quito existen diversos planteamientos enfocados al ahorro energético e hídrico. Los planes de ahorro energético se enfocan en disminuir el consumo energético y aumentar la eficiencia. Por el otro lado, los planes de ahorro hídrico se enfocan en diversas líneas de acción con el fin de disminuir la huella hídrica producida por la población.

3.2.1 Planes de ahorro energético

- **Plan RENOVA**

El Plan RENOVA, implementado por el CONELEC en 2013, tiene como objetivo sustituir todo electrodoméstico ineficiente, es decir, que genere un alto consumo energético, por nuevos equipos, de mayor eficiencia y bajo consumo energético. Además, plantea que los mismos sean de fabricación nacional.

Este proyecto busca reducir el consumo de energía residencial, a nivel nacional, estimando para el año 2013 una reducción de 47 GWh hasta alcanzar una reducción de 216GWh para el año

2016. La Empresa Eléctrica Quito, encargada de abastecer el servicio de electricidad para el Distrito Metropolitano de Quito tiene como proyección, para el periodo 2013-2022, la siguiente reducción en el consumo energético mediante el Plan RENOVA: (CONELEC, 2013)

Tabla 3.1.

Reducción del consumo residencial producto del Plan RENOVA (MWh)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
E.E. Quito	-5.884	-12.454	-21.476	-28.929	-28.929	-28.929	-28.929	-29.929	-28.929	-28.929

Fuente: (CONELEC, 2013)

- **Iluminación eficiente**

Basándose en el reglamento técnico ecuatoriano RTE 036 “Eficiencia Energética” y mediante resolución del Consejo de Comercio Exterior (COMEX), desde enero de 2010, se suspende la importación de focos incandescentes de uso residencial en Ecuador. El proyecto plantea reemplazar los antiguos focos por lámparas fluorescentes compactas, también llamados focos ahorradores, de alta eficiencia energética. En la figura 6 se puede observar la eficiencia de los distintos tipos de iluminación disponible en el mercado. (CONELEC, 2013)

Iluminación	Potencia	Eficiencia	Vida Útil
	W	Im/W	Horas
Incandescente	60	14	1000
CLF	13-15	57	10000
LED	5-7	70	50000

Figura 6. Eficiencia de distintos tipos de iluminación. *Fuente: (CONELEC, 2013)*

- **Implementación de domótica**

La domótica examina y automatiza la actividad inteligente demandada por energéticos de modo eficaz. Por medio de la inclusión de sistemas domóticas, se logra efectuar de mejor manera el control del funcionamiento de la: climatización, seguridad, electrodomésticos, iluminación, agua caliente sanitaria, comunicación, entre otros. Se debe apoyar el desarrollo de proveedores de esta clase de servicios, a nivel de Estado. Mediante incentivos arancelarios, ya que gran parte de los equipos que están adecuados para ser utilizados son fabricados en el extranjero. (CONELEC, 2013)

- **Plan de cocción eficiente**

El Plan de cocción eficiente está enfocado en cambiar del consumo de Gas licuado de Petróleo a electricidad como fuente energética principal para la cocción de alimentos. Este cambio logra concretarse gracias al cambio de la matriz energética del país, pues la energía producida para abastecer a la población principalmente se genera de fuentes renovables. Se planea incorporar 3.5 millones de cocinas eléctricas durante el periodo 2015-2017 y de 1.54 millones entre el 2018 y 2022. (CONELEC, 2013)

“La eficiencia en la cocción de alimentos varía según el tipo de equipo, la fuente de energía, forma y condiciones de uso. La eficiencia de una cocina a GLP es aproximadamente $H_{glp} = 39,87\%$ (para una potencia de entrada equivalente a 475W); y, la eficiencia de una cocina de inducción de uso doméstico tipo D es de 84%. La relación entre las eficiencias de las cocinas a electricidad y a GLP es: $\eta_{Elec}/H_{glp} = 2.1$ ” (CONELEC, 2013, pág.42)

La Empresa Eléctrica Quito planea distribuir por medio del Plan de cocción eficiente, para el año 2022, aproximadamente 5.5 millones de cocinas eléctricas, tal como se muestra en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2.

Distribución de cocinas a nivel nacional.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
E.E.								
Quito	72.250	291.667	566.167	661.905	762.142	867.280	890.405	912.926

Fuente: (CONELEC, 2013)

3.2.2 Planes de ahorro hídrico

- **Plan de acción para la reducción de las Huella Hídrica del Distrito Metropolitano de Quito.**

La Huella Hídrica de Quito, representa el 4% de la Huella Hídrica Nacional. El sector con mayor aporte a la Huella Hídrica directa del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) es el residencial, con 85% del total. La Huella Hídrica gris de este mismo sector representa el 84% de la Huella Hídrica directa total del DMQ. Respecto a otras ciudades, la Huella Hídrica de Quito es

casi 5 veces mayor que el volumen de la huella Hídrica de La Paz y un 16% del volumen de la Huella Hídrica de Lima. (Distrito Metropolitano de Quito, 2014)

El Plan de acción para la reducción de las Huella Hídrica del Distrito Metropolitano de Quito tiene como objetivo el reducir el consumo del recurso agua en los sectores de mayor gasto hídrico del DMQ. En este caso, el sector residencial sería el sector de mayor importancia para la reducción de la Huella hídrica, por lo que se propone dos líneas de acción para la reducción de la misma: una enfocada de la demanda del recurso agua y otra orientada al tratamiento de aguas residuales, tal como se muestra en la Tabla 3.3 y 3.4 respectivamente. (Distrito Metropolitano de Quito, 2014)

Tabla 3.3.

Línea de acción enfocada a la demanda del recurso Hídrico

Resultados esperados	Programas	Acciones
Consumo de agua potable y pérdidas de agua en procesos de producción y distribución reducidas.	Plan de reducción de pérdidas y consumos y adaptación al cambio climático.	Nueva cultura del Agua a través de acciones de educación y comunicación.
		Reducción en el consumo de uso doméstico por actividades y/o Dispositivos o aparatos de consumo ahorradores: -Inodoros de bajo consumo -Baños ecológicos sin agua -Sistemas al vacío -Grifos y duchas de bajo consumo
		Reusó de aguas grises de ducha y lavamanos para riego y limpieza

Fuente: (Distrito Metropolitano de Quito, 2014)

Tabla 3.4.

Línea de acción enfocada al tratamiento de aguas residuales

Resultados esperados	Programas	Acciones
Manejo integral y adecuado de los residuos líquidos	Programa de descontaminación de los ríos de Quito	Construcción de 2 PTAR al 2018
		Construcción de 20 PTAR
		PTAR VIDOBOA

generados por la población y actividades productivas del DMQ.	PTAR QUITUMBE
	PTAR (BEATERIO)
	Reutilización de efluentes

Fuente: (Distrito Metropolitano de Quito, 2014)

4. CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO DEL EDIFICIO BÔ

4.1 Revisión y estudio de planos del Edificio BÔ

Para el desarrollo de esta sección se realizó un análisis detallado de los planos de la edificación para poder identificar de forma clara y ordenada los sistemas y tecnologías empleadas, así como su distribución en el edificio. Este análisis fue acompañado de la visita al Edificio BÔ donde se constató y apreció los elementos identificados en planos y se destacó aquellos sistemas o tecnologías que no forman parte de los planos del edificio.

4.1.1 Identificación de sistemas y tecnologías empleados

El Edificio BÔ, ubicado en la zona norte de la ciudad de Quito, es un edificio habitacional inteligente inaugurado en octubre del año 2020. Este edificio cuenta con varios sistemas y tecnologías que buscan principalmente brindar comodidad a los usuarios. Al tratarse de un edificio residencial, la edificación fue diseñada con el fin último de automatizar los distintos ambientes del edificio para generar espacios confortables, eficientes y modernos para los habitantes.

4.1.1.1 Sistemas empleados en el Edificio BÔ

➤ Sistema de Iluminación

El primer sistema que se puede identificar en el Edificio BÔ es la iluminación. El sistema instalado ofrece diversos elementos característicos de los edificios inteligentes, que permiten la automatización del sistema de iluminación, así como la regulación de intensidad de luz y ahorro energético. Entre ellos podemos destacar: los sensores de movimiento, que permiten detectar actividad en zonas del edificio; la luminaria tipo dicróico dirigible LED, que permite regular la intensidad y dirección de luz; mangueras LED, que permiten complementar el diseño y la estética con una iluminación de bajo costo y eficiente, entre otras.

Iniciando por los dos subsuelos del edificio, lugar donde se encuentran los parqueaderos, bodegas y cuartos de bombas, se presenta una distribución de iluminación integrada automatizada. La zona de parqueaderos, circulación vehicular y rampas se encuentra iluminada a través de un sistema de luminarias herméticas que se encienden a través de sensores de movimiento de 180°. De la misma forma, el mismo tipo de luminaria se encuentra instalado en las zonas de circulación

y gradas en la cual se encuentran sensores de movimiento. Este sistema de iluminación se ve acompañado por luminaria tipo ojo de buey que complementan el sistema de iluminación.

Por otro lado, y por conveniencia energética, los cuartos de bombas y bodegas localizados en el subsuelo cuentan con luminaria tipo dicroica dirigible LED y luminaria tipo cilindro sobrepuesto que se enciende de forma mecánica.

En la planta baja del edificio se encuentran el ingreso peatonal, la guardianía, vestuario y dos apartamentos. Comenzando por el ingreso, se cuenta con una luminaria tipo cilindro sobrepuesto sobre la puerta de ingreso. A los costados del ingreso se ubica la guardianía, iluminada por luminaria tipo ojo de buey LED, y en la zona de jardineras se encuentra colocada luminaria tipo estaca de jardín. Cabe destacar que toda la zona del ingreso descrita funciona a través de interruptores, es decir, tienen un encendido mecánico.

En cuanto a los departamentos, se encuentran iluminados a través de diversos tipos de luminarias en función de las zonas y posiciones en las que se localizan los puntos de luz. Ambos apartamentos de planta baja cuentan con terrazas exteriores que contienen un sistema de iluminación compuesto por luminaria tipo cilindro sobrepuesto y luminaria tipo aplique de pared para exterior. En las zonas de jardineras de estas terrazas se aplicó luminaria tipo estaca de jardín.

A partir del Piso 2 hasta el Piso 6, la distribución de cada nivel se basa netamente en apartamento de vivienda. Aunque existe una variación entre el número de apartamento por piso y su arquitectura, la luminaria de los mismos permanece relativamente constante con respecto en cuanto a elementos de luminaria empleados. Todos los ambientes de los apartamentos del edificio BÔ son sistemas mecánicos de encendido y apagado, a excepción de aquellos donde los usuarios decidieron incrementar el grado de inteligencia y automatizar o hacer inteligente la iluminación de sus departamentos.

Finalmente, el edificio cuenta con una terraza que funciona como área comunal. Esta terraza se compone por un salón comunal, un baño, un espacio cubierto con pérgola y un área verde recreativa ajardinada. Las zonas internas de la terraza funcionan a través de iluminación de tipo ojo de buey LED conectados a interruptores de encendido manual y que pueden controlarse por medio de un aplicativo móvil, a excepción de la zona de circulación que posee un encendido automático por medio del uso de sensores de movimiento.

La zona de la pérgola posee luminaria tipo aplique de pared para exteriores, donde el sistema de encendido es manual por medio de interruptores y también se puede controlar por medio de un aplicativo móvil. Por otro lado, el área verde posee dos tipos de luminaria: reflectores sobrepuestos y luminaria tipo estaca de jardín.

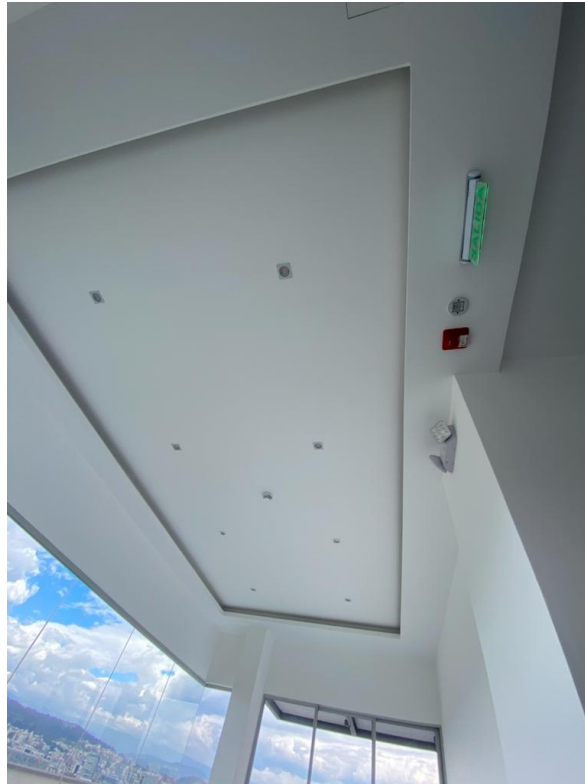


Figura 7. Iluminación LED presente en el Edificio BÔ

➤ Sistema de Energía

El Edificio BÔ posee una red polarizada a lo largo de toda la estructura, es decir, abastecimientos individuales para cada apartamento y áreas comunales.

Se puede destacar que el edificio cuenta con un sistema energético de emergencia para todo el edificio, alimentado por un generador trifásico de 60 KVA, tal como se muestra en la Figura 8. Este sistema es de accionado automático por medio de un tablero de transferencia. (Castellanos & Zumba, 2018)



Figura 8. Generador trifásico del Edificio BÔ

➤ Sistema de Seguridad

Al tratarse de un edificio residencial, donde la privacidad del usuario debe ser prioritaria en las operaciones y funcionamiento de la edificación, el sistema de seguridad del Edificio BÔ está reducido a las áreas críticas de la edificación. Estas áreas son los parqueaderos, la zona de ingreso y las áreas comunales de la terraza. Sin embargo, todos los departamentos cuentan con las conexiones y cableado necesario para que, en caso de que se solicite, se puedan conectar las cámaras de su residencia a la red global del edificio.

Los dos subsuelos del edificio cuentan con 3 cámaras de seguridad fijas cada uno, ubicadas de tal forma que se tiene una visión completa del recorrido de ingreso de vehículos a los parqueaderos y de las rutas de circulación de las personas, específicamente, el acceso a gradas y elevador. En cuanto al ingreso vehicular, el edificio cuenta con dos cámaras para exteriores fijas en la entrada vehicular. Las puertas para el ingreso de automóviles funcionan a través de un lector de proximidad con teclado que habilita el ingreso de residentes.



Figura 9. Sistema de seguridad del Edificio BÔ

El ingreso del edificio es la zona con mayor seguridad de la edificación. Aquí se pueden encontrar diversos componentes de seguridad que permiten el monitoreo y control de las personas que acceden al edificio. En primer lugar, se cuenta con una cámara de seguridad fija exterior en la zona de la puerta. Para el acceso de los residentes, las puertas de entrada funcionan a través de un sistema combinado automatizado e inteligente. Se emplea un lector de proximidad con teclado para desactivar o permitir la entrada al edificio, tal como se muestra en la Figura 10. El lector desactiva una chapa electromagnética y un contacto magnético que permiten el ingreso al interior del edificio. El ingreso del edificio, tanto el vestíbulo como el acceso al ascensor y gradas poseen cámaras fijas de tipo domo autoiris varifocal que permiten mover el ángulo de visión de la cámara sin que sea evidente para las personas la dirección en que la misma está apuntando. Una de estas mismas cámaras se encuentra instalada en el ascensor para mayor seguridad y este, adicionalmente, cuenta con un lector de proximidad con teclado que permite activar su funcionamiento por medio de una tarjeta de residentes o un código de uso.



Figura 10. Control de acceso del Edificio BÔ

Finalmente, en la terraza se cuenta con dos cámaras de vigilancia. En la zona cubierta con una pérgola se encuentra instalada una cámara fija para exteriores, mientras que, en el espacio de circulación interno, frente al ascensor y las gradas, se ubica una cámara fija tipo domo con lente autoiris varifocal.

Todos estos elementos del sistema de seguridad son monitoreados desde la guardianía, donde se puede habilitar el ingreso de personas o vehículos que no sean propietarios.

Por otro lado, al sistema de seguridad del edificio también se ve integrado el sistema de citófonos individuales en cada departamento. Estos elementos dan lugar a que los residentes tengan control sobre el ingreso de invitados, ya sea por el acceso peatonal o vehicular, al igual que una comunicación directa con la guardianía.

➤ Sistema hidráulico

El Edificio BÔ, dentro de su sistema hidráulico, cuenta con una red de agua fría y caliente canalizada independiente. En las edificaciones, parte de los desperdicios de agua se dan por el sistema de agua caliente. Tal como se muestra en la Figura 11, en el edificio se cuenta con un sistema centralizado de calentamiento de agua que funciona por medio de bombas de calor que calientan el agua y la recirculan a lo largo de todo el edificio. Este sistema evita los desperdicios

hídricos por medio de un sistema eficiente que entrega agua caliente al usuario de manera casi inmediata.



Figura 11. Sistema centralizado de calentamiento de agua del Edificio BÔ

Entre las ventajas más destacables del sistema hidráulico existente en el Edificio BÔ está la programación del circuito de agua caliente. Esta parte del sistema permite que las bombas de calor se puedan poner en funcionamiento horas antes de que se llegue a las horas pico de consumo de agua para que las personas no deban esperar a que circule agua caliente al abrir la llave.

La red de distribución de agua potable incluye una cisterna de 70 m³ de capacidad que se ubica por debajo de los estacionamientos del Subsuelo 2. (Castellanos & Zumba, 2018)

Por otro lado, la edificación posee una red de protección contra incendios compuesta por una cisterna independiente para este sistema, una válvula siamesa en el exterior que facilita la introducción de agua a la red y gabinetes de incendio en cada piso. (Castellanos & Zumba, 2018)

➤ Telecomunicaciones

El edificio cuenta con diferentes subsistemas dentro de las telecomunicaciones. Esta es una característica común en los edificios inteligentes debido a que se pueden brindar ciertos servicios, facilidades y comodidades al usuario.

En primer lugar, todo apartamento tiene una línea de red telefónica. Esto facilita a los usuarios la adquisición de una línea fija de teléfono que puede ser instalada sin ningún cambio en la estructura de la red de datos del edificio.

En segundo lugar, se tienen ductos para la instalación de televisión por cable que permite que cada usuario adquiera los servicios de cualquier proveedor de este servicio.

Finalmente, existen dos subsistemas importantes que aportan a la seguridad del edificio. El primero de ellos, mencionado en el sistema de seguridad, es el control de acceso. Cada residente cuenta con una tarjeta magnética para ingresar al edificio y utilizar el ascensor, así como un código individual que se puede emplear en lugar de la tarjeta. La tecnología inteligente incorporada en este subsistema hace que la tarjeta del usuario o sus códigos solo habiliten el uso del ascensor desde la planta baja hasta el piso donde se encuentra su apartamento, así como a las áreas comunales y subsuelos. El segundo subsistema es un circuito cerrado de televisión. Este es un sistema intercomunicado de citófonos individuales para cada apartamento que se suma a la red de cámaras de vigilancias, como se muestra en la figura 12. El fin de este es de tener un control de actividades, la supervisión de áreas comunes y la vigilancia del edificio. (Castellanos & Zumba, 2018)



Figura 12. Comunicador

4.1.2 Distribución general de los sistemas integrales.

Los sistemas de telecomunicaciones, energía e iluminación se encuentran distribuidos a lo largo de todo el edificio. Estos sistemas abastecen a cada uno de los departamentos y zonas del edificio con el fin de cumplir normativas y cubrir las necesidades de cada uno de sus residentes.

El sistema de iluminación dentro del edificio permite que cada departamento opere de manera independiente, logrando que los usuarios creen sus propios subsistemas de iluminación según sus necesidades, permitiendo integrar tecnologías inteligentes y automatizar la red según el gusto de cada propietario. Debido a esto, se pudo hallar dentro de la visita técnica al Edificio BÔ el caso en el cual departamentos logran un sistema de automatización e inteligencia de iluminación más elevado que otros.

El sistema de telecomunicaciones es un sistema independiente que se integra en conjunto con el sistema de seguridad del edificio. Cuenta con la instalación de una línea de red telefónica y de ductos para la instalación de televisión por cable y otros aparatos de comunicación y videovigilancia. Además, cada departamento se encuentra conectado al sistema intercomunicado de citófonos, que a su vez se suma a la red de cámaras de videovigilancia y al sistema de seguridad del edificio. El objetivo del sistema de telecomunicaciones y del sistema de seguridad es concebirse como un sistema distribuido de control que integre procesos inteligentes, que permitan la gestión y control del edificio de la manera más automatizada posible.

El sistema sanitario se compone de una red de agua fría y caliente independientes que se alimentan a través de una cisterna, la cual se abastece directamente del medidor de la empresa pública de agua potable. Es decir, el sistema utiliza un abastecimiento indirecto de agua potable para la edificación, pues el suministro de agua a los puntos de consumo dentro de la misma no se hace directamente desde la red pública sino a través de una cisterna y un equipo de presurización o bombeo que mantiene la presión constante en las tuberías. El sistema de agua fría se distribuye desde el subsuelo 2 hasta llegar a abastecer de agua a la sexta planta de la edificación. En contraste, el sistema de agua caliente es un subsistema dentro del sistema de suministro de agua potable del edificio ya que su demanda está incluida en la del sistema de agua fría de la edificación. Sin embargo, la red de agua caliente trabaja como una red totalmente independiente, la cual abastece de este servicio a cada departamento. La red extrae agua de la cisterna del edificio y calienta el

agua por medio de bombas de calor. La bomba de calor permite mantener el agua de la red a una temperatura constante, recirculándola y calentándola de manera continua.

4.1.3 Descripción de las tecnologías y sistemas sanitarios

El edificio BÔ cuenta con una cisterna con una capacidad de 70 m³, ubicada en el subsuelo. La cisterna se abastece directamente del medidor de la empresa pública de agua potable por medio de una tubería PVC Ø 2" que desciende desde el medidor a la cisterna. Con la implementación de bombas se realiza la distribución, tanto de agua fría como de agua caliente. Cabe mencionar que para el sistema de agua caliente se utiliza bombas de calor con el fin de calentar y regular la temperatura del agua para todo el edificio. Las bombas de calor se presentan como un sistema más eficiente para agua caliente y evitan el peligro que existe al calentar el agua por medio del uso de bombonas de gas, pues estas funcionan por medio del suministro eléctrico. La ventaja de este sistema reside en su capacidad de suministrar más energía útil de la que utiliza para su funcionamiento, esto deriva en una mayor eficiencia energética. Las bombas de calor permiten calentar y mantener el agua a una temperatura de hasta 65 °C. El Edificio BÔ cuenta con dos bombas de calor con una capacidad de 1000lts que funcionan de manera conjunta para calentar y mantener el agua a una correcta temperatura en todo momento.

Otro punto importante por tomar en cuenta al momento de describir un sistema sanitario es conocer las especificaciones y el número de aparatos hidráulicos y sanitarios empleados en la edificación. El conocimiento de esta información permite cuantificar la cantidad de agua que requiere el sistema para su adecuado funcionamiento hidráulico. Los principales aparatos sanitarios implementados dentro del Edificio BÔ son aquellos que se encuentran instalados en los baños: duchas, lavamanos e inodoros. Es importante recalcar el hecho que todos los inodoros instalados en el edificio son inodoros de doble descarga. Este tipo de inodoros cuenta con una descarga para sólidos con un consumo de 4.8 litros por descarga y otra para líquidos, que libera 3.5 litros por descarga. Adicionalmente, cada departamento cuenta con una variedad de aparatos sanitarios que se conectan al sistema como son: fregaderos en el área de cocina, máquina de lavar ropa, piedra de lavar, y salidas de agua que se conectan a la refrigeradora.

4.1.4 Descripción de los sistemas de control, seguridad y monitoreo

Los sistemas de control, seguridad y monitoreo del edificio BÔ se divide en dos subsistemas principales: el sistema de circuito cerrado de televisión y control de accesos, y el sistema de seguridad de prevención contra incendios. El sistema de circuito cerrado de televisión y control de accesos tiene como objetivo prevenir robos y controlar la información sobre el movimiento del personal dentro del edificio. La segunda trata de la protección de las personas y bienes presentes en el edificio contra los riesgos de incendio por medio de un sistema de alerta que utiliza detectores para revelar cualquier anomalía que pudiese producirse en el edificio.

4.1.4.1 Circuito cerrado de televisión (CCTV) y control de accesos

Un circuito cerrado de televisión, también llamado CCTV, consiste en un conjunto de equipos conectados que generan un circuito de imágenes que solo puede ser visto por un grupo determinado de personas. La importancia de un CCTV radica en la prevención y control de riesgos dentro de una edificación. Por otro lado, los sistemas de control de accesos cumplen la función de controlar y monitorear el ingreso de personas a la edificación. Tanto un sistema como el otro son fundamentales al momento de brindar seguridad a un edificio.

En el edificio BÔ, el sistema de circuito cerrado de televisión y control de accesos se compone de los siguientes elementos:

- Cámara fija tipo domo con lente autoiris varifocal: son cámaras compactas con una carcasa abovedada de color oscuro que tiene la función de ocultar la lente y la dirección a la que apunta la misma. Este tipo de cámaras son utilizadas principalmente para interiores y entornos cerrados.
- Cámara para exterior fija NTSC tipo bala: Este tipo de cámara apunta a una única dirección fija y se utiliza exclusivamente para exteriores y espacios abiertos, pues cuenta con protección contra lluvia y al polvo.
- Chapa electromagnética: es un sistema electromecánico que permite la apertura o cierre de la puerta de ingreso del edificio. Este sistema se compone por dos partes: un electroimán, el cual se coloca en el marco de la puerta y una placa metálica la cual se sitúa en la puerta de ingreso del edificio. El electroimán genera una fuerza de atracción con la placa ubicada en la puerta, impidiendo la apertura de esta. Cuando la corriente eléctrica se interrumpe, el

electroimán deja de funcionar y abre la puerta del edificio. (Electric Locking Systems Ltd., 2018)

- Pulsante de salida: Botón o pulsador de salida para sistemas de puertas de acceso automáticas.
- Lector de proximidad con teclado: Ubicado en el acceso vehicular del edificio. El lector permite la apertura de la puerta vehicular mediante tarjeta o código de acceso. (HID Global Corporation, 2016)

Los sistemas de seguridad del Edificio BÔ están limitados a: los parqueaderos (subsuelo 1 y subsuelo 2), la zona de ingreso (planta baja y vestíbulo) y áreas comunales de la terraza en el sexto piso. Para el sistema CCTV, en ambos subsuelos, se implementaron tres cámaras para exterior Tipo bala NTSC. En lo que corresponde al primer piso, se colocó una cámara fija para exterior Tipo bala NTSC en la zona de la entrada del edificio y dos cámaras tipo domo con lente autoiris varifocal en el área de vestíbulo. En la entrada a los parqueaderos, se instalaron dos cámaras fijas para exterior Tipo bala NTSC. Por último, en la sexta planta, se colocó una cámara fija tipo domo con lente autoiris varifocal ubicada en el corredor de circulación de la planta y otra cámara para exterior Tipo bala NTSC se instaló en la fachada exterior. El control y monitoreo del sistema CCTV lo realiza guardianía y adicionalmente todos los residentes del edificio cuentan con acceso al sistema CCTV por medio de una clave a través cualquier dispositivo conectado a internet, el cual les permite observar en tiempo real las cámaras del edificio.

Así mismo, para el sistema de control de accesos, se colocaron en la entrada al edificio dos contactos magnéticos que permiten la entrada al mismo gracias a la implementación de chapas eléctricas. Por otro lado, el ingreso a parqueaderos cuenta con un lector de proximidad que permite la entrada a los residentes. Además, guardianía posee dos pulsantes de salida, con el fin de controlar y monitorear la entrada y salida de residentes y no residentes al edificio.

En los departamentos, el control de accesos se realiza por medio de cerraduras digitales o inteligentes instaladas en cada uno de ellos. Este tipo de cerraduras permite el acceso solo a personas que están autorizadas, pero también permite al usuario abrir la cerradura de forma remota a través de internet para concebir el acceso al departamento.

4.1.4.2 Sistema Contra Incendios

El sistema contra incendios cumple la función de detectar un incendio de manera temprana y generar señales de alarma para poder tomar las medidas pertinentes de extinción y evacuación. Este sistema acopla un conjunto de equipamientos diversos integrados en la estructura del edificio, los cuales monitorean todo lo que sucede las 24 horas del día y emiten señales, ya sean acústicas o visuales, al momento de la presencia de humo o de un incremento de calor en determinada zona del edificio.

El sistema contra incendios del Edificio BÔ se compone de los siguientes elementos:

- Detector térmico direccionable: El detector mide continuamente la temperatura ambiental y la tasa de incremento de temperatura en el ambiente en una zona determinada del edificio y actúa por el estímulo de la elevación de temperatura provocada por el calor de un incendio. Al momento de superar el punto de alarma programado o la tasa de incremento del detector, este transmite una alarma a la unidad de control contra incendios.(Honeywell International Inc., 2010).
- Detector de humo doble tecnología direccionable: este tipo de detector combina la tecnología de detección de humo con la tecnología de detección de calor. Estos detectores se activan cuando humo entra en el equipo y provoca que se interrumpa la transmisión de un rayo de luz que existe en su interior, lo cual genera una alarma. (System Sensor, 2021)
- Sirena con luz estroboscópica de pared o techo
- Unidad de control de incendio con puerto de red
- Luminaria de emergencia
- Aviso de salida: Señalizador de salida Led de alta luminosidad. Trabaja de manera permanente.

El sistema de prevención contra incendios cubre varias áreas del edificio. Sin embargo, el sistema está colocado de manera estratégica en zonas o áreas donde pueda existir mayor incidencia de incendio.

El subsuelo 2 consta con siete detectores térmicos direccionables ubicados sobre los parqueaderos E-16, E-14, E-12, E-28, E-26, E-24, E-22 respectivamente. Por otra parte, un total de

nueve luminarias de emergencia se encuentran repartidas a lo largo y ancho del piso. También, tres estaciones manuales de incendio y cuatro sirenas con luz estroboscópica complementan el sistema de prevención de incendios. Por último, cuatro avisos de salida cumplen la función de indicar la dirección de salida para vehículos y peatones.

En el subsuelo 1 se colocaron seis detectores térmicos en la zona de parqueaderos y un detector de humo en el cuarto de basuras. Un total de 11 luminarias de emergencia se encuentran repartidas a lo largo y ancho del piso. Al igual que en el subsuelo 2, el piso cuenta con tres estaciones manuales de incendio. Para finalizar, el piso cuenta con cinco sirenas con luz estroboscópica y cuatro avisos de salida que cumplen la función de indicar la dirección de salida para vehículos y peatones que se encuentren en el piso.

En el vestíbulo de la planta baja se puede encontrar un detector de humo al igual que una estación manual de incendio, una sirena con luz estroboscópica y una luminaria de emergencia. En todas las demás áreas de circulación del edificio, desde la planta baja hasta el sexto piso, encontramos: un detector de humo, una estación manual de incendio, una sirena con luz estroboscópica y una luminaria de emergencia.

Para el resto de los apartamentos del edificio se colocó un detector térmico en el área de cocina y un detector de humo que cubre la zona de pasillo de cada departamento. A diferencia del resto del edificio, el sexto piso cuenta con un área comunal en la cual se instaló un detector de humo, una sirena con luz estroboscópica y una luminaria de emergencia. Para terminar, en la séptima planta del edificio, donde está ubicado el cuarto de máquinas de los ascensores, se ubicó un detector térmico adicional con el objetivo de detectar cualquier incendio que se pueda provocar en el sistema de los ascensores y poner en riesgo la integridad de sus ocupantes.

4.1.5 Integración y operación de los sistemas existentes

➤ Sistema de Iluminación

El sistema de iluminación del edificio puede ser caracterizado diferenciando los espacios entre aquellos comunales y los departamentos. Esta diferenciación se ve ligada a que, al contrario de edificios que cumplen otras funciones, las edificaciones residenciales no pueden ser monitoreadas y controladas a través de un sistema único de iluminación.

En cuanto a los espacios comunales, todas las zonas funcionan a través de sensores de movimiento que activan la iluminación del área específica donde se encuentren personas. Las luces permanecen encendidas desde la detección del movimiento hasta 10 minutos después de que no se registre más actividad. Sin embargo, la iluminación de áreas comunales puede ser controlada por medios mecánicos o mediante aplicativos móviles según lo requieran los usuarios, dando la posibilidad a que se enciendan o apaguen las luces permanentemente en función de las necesidades de los usuarios.

De manera distinta, cada departamento mantiene una independencia en cuanto a la operación e integración de su sistema de iluminación. Todos los departamentos fueron construidos de tal forma que la red de cableado eléctrico permite que los usuarios que deseen puedan convertir a la iluminación de su apartamento en inteligente. La forma en la cual se lo realiza es simplemente mediante el cambio de interruptores, compatible con la red original, que pueden conectarse a asistentes virtuales que permitan controlar las luces por medio de dispositivos inalámbricos. Cabe destacar que estos elementos no se instalaron de manera estandarizada en el edificio por los distintos gustos o necesidades de los usuarios, prefiriendo algunos mantener el sistema mecánico de iluminación.

➤ Sistema de Energía

En cuanto a la operación del sistema de energía, el Edificio BÔ cuenta con un funcionamiento integrado básico o convencional. Dentro del diseño de la edificación no se colocó o instaló ninguna tecnología que se enfoque netamente en la eficiencia energética. Sin embargo, cabe destacar que la configuración existente de la red de energía global permite que se puedan integrar determinados elementos para medición, control y monitoreo del consumo energético.

De la misma manera, dentro de la configuración actual, todos los departamentos cuentan con un punto central donde toda la información de los mismos, tanto eléctrica como electrónica, se interconecta. Estos puntos pueden resultar clave para la instalación de tecnologías que puedan controlar, medir y automatizar a voluntad el sistema energético de cada departamento de forma independiente.

➤ Sistema de Seguridad

El sistema de seguridad, como se lo describió con anterioridad, es un sistema integrado que puede trabajar a través de varios centros o dispositivos de control, como lo son los dispositivos electrónicos de los usuarios o la computadora de la guardianía. Sin embargo, la edificación cuenta con una computadora central que almacena la información de seguridad de manera tal que los datos no puedan ser modificados o alterados por agentes externos. Es decir, los propietarios y la guardianía pueden acceder a la información de sensores y cámaras que les competa, pero no pueden modificar de ninguna manera la información.

El tener una base de datos que toma la información de los diferentes equipos de seguridad en la edificación permite que los usuarios y la guardianía puedan monitorear la actividad en las zonas que les corresponda a través de un aplicativo móvil o página web a través de internet, desde cualquier parte del mundo. Sin embargo, ninguna persona tiene la capacidad de alterar la información. De esta forma, se evita problemas y percances ocasionados por personas particulares o los mismos residentes. El sistema de seguridad del edificio, por ende, ofrece un grado de confiabilidad elevado que limita la probabilidad de que la integridad del edificio y de sus ocupantes se vea atentada a causa de errores humanos.

De forma particular, se debe mencionar que el usuario no solo tiene acceso a la información del sistema de seguridad, sino que también pueden controlar de manera monótona ciertos componentes del mismo. De manera estándar, se instaló en todos los departamentos cerraduras inteligentes que funcionan por medio de tarjetas magnéticas, huellas digitales y/o teclados, dando la posibilidad a que los usuarios puedan acceder a sus departamentos con estas diferentes modalidades. Sin embargo, estas cerraduras se encuentran conectadas a internet y los propietarios pueden permitir el acceso a personas externas, abriendo la puerta de ingreso al apartamento, a través de un aplicativo móvil. De manera similar, el mismo sistema funciona en el ingreso peatonal y vehicular del edificio.

La computadora central del Edificio BÔ registra y almacena de manera automática e inmediata el medio que se empleó para el ingreso a los apartamentos, junto con la hora y la fecha en la que se lo hizo. En los ingresos peatonal y vehicular del edificio, adicional a dicho registro, se añade la inclusión de una fotografía de la persona o vehículo que ingrese a la edificación.

El sistema de seguridad instalado en el Edificio BÔ guarda la privacidad de sus ocupantes, respetando el espacio privado de los departamentos, sin perjudicar la logística de monitoreo y control de la seguridad global de la edificación.

➤ Sistema hidráulico

El sistema hidráulico del edificio se encuentra completamente integrado y funciona a través de una operación centralizada. Esta es una característica, aunque común en la mayoría de edificios modernos, importante dentro del marco de edificios inteligentes ya que permite optimizar la provisión de agua a las redes de agua fría, agua caliente y sistema contra incendios, evitando pérdidas del recurso hídrico.

Del sistema hidráulico, el suministro de agua caliente es el que más resalta en el Edificio BÔ en cuanto a la operación automatizada y eficiente. El sistema que se empleó fue de calentamiento por bombas de calor. Estas son máquinas térmicas que transfieren energía calórica desde una fuente externa, como el aire o agua en circulación, al tanque de agua caliente. (Morrison, 2006)

Este sistema de calor permite ahorrar energía eléctrica mediante la obtención de calor de fuentes alternas. La electricidad que entra al sistema solo se emplea para mejorar la calidad de la calefacción, es decir, mantener la temperatura constante deseada en el sistema. De esta forma, este sistema integrado obtiene eficiencias superiores a sistemas de calefacción eléctrica y tiene un mayor alcance que calefactores solares.

➤ Telecomunicaciones

La red de telecomunicaciones del edificio, como se describió anteriormente, se divide en distintos sub sistemas. Es importante reconocer esto ya que algunos de ellos están interconectados en la estructura y otros forman parte de la conectividad individual de los apartamentos.

Iniciando por las redes individuales, el edificio cuenta con conectividad individual para cada apartamento de: telefonía, televisión por cable, internet y otros. Al tratarse de un edificio habitacional, estos sistemas deben ser aislados para que cada usuario pueda adquirir un proveedor de servicios particular que se acople a sus necesidades individuales. Sin embargo, es importante destacar que, en algunos edificios inteligentes, el servicio de internet puede funcionar como un

sistema global para la edificación, siempre y cuando se desee que dicho servicio se contrate a través de la organización del edificio y se distribuya a todos los usuarios con los mismos estándares de prestación.

En cuanto a los subsistemas integrados, se identifican el control de acceso y el circuito cerrado de televisión o citófonos. Ambos forman parte del sistema de seguridad de la estructura y se encuentran interconectados a través del control y monitoreo centralizado del edificio. Este sistema, adicionalmente, permite el acceso a la información a través de internet.

Finalmente, se puede destacar que el sistema de telecomunicaciones de cada departamento se integra en un solo punto, donde se recibe información para enviarla a la computadora central del edificio. Adicionalmente, esta cualidad permite que se integren otros sistemas de control y operación, como por ejemplo el Power Management o asistentes virtuales, sin necesidad de alterar el cableado y distribución del sistema instalado.

5. CAPÍTULO V: PROPUESTA INTEGRAL

Este capítulo pretende definir una propuesta integral alterna a las tecnologías de control y automatización empleadas en el Edificio BÔ. Dicha propuesta buscará mejorar, de forma teórica, la funcionalidad de la edificación, facilidad de control y manejo, e incrementar el nivel de inteligencia, seguridad y eficiencia a través de la implementación de nuevas tecnologías y pequeños cambios, en caso de ser necesarios, en el sistema eléctrico o de tuberías.

Es importante recalcar que para el planteamiento de la propuesta se ha tenido clara la utilidad de este edificio residencial, por lo que la alternativa planteada no cambiaría el fin último del edificio que es servir como un espacio habitable en departamentos independientes.

5.1 Identificación de tecnologías y sistemas alternativos

El Edificio BÔ, como se expuso en las secciones anteriores, cuenta con varios elementos, tecnologías y características que permiten denominarlo inteligente. Dentro de la clasificación planteada en la Sección 2.4 del presente trabajo, se expusieron los 3 niveles generales de inteligencia que puede tener un edificio, siendo el Grado 1 el de menor inteligencia y el Grado 3 el de mayor.

La edificación en análisis, basada en dicha clasificación, corresponde actualmente a un edificio de Grado 2 de inteligencia debido a que cuenta con varios sistemas inteligentes integrados, incluyendo la seguridad y las telecomunicaciones. Adicionalmente, y como se expuso en el Capítulo 4, el edificio cuenta con las propiedades y características necesarias para la implementación de nuevos sistemas inteligentes, como es el caso de la iluminación.

Partiendo de este hecho, este capítulo pretende proponer un modelo alternativo a los sistemas del edificio para mejorar su eficiencia, reducir el consumo de energía y agua, y, sobre todo, mejorar el nivel de inteligencia de la edificación para que alcance el nivel máximo o Grado 3.

5.1.1 Iluminación inteligente y ahorro energético

El sistema de Iluminación Inteligente o ILS (Intelligent Lighting System) es uno de los sistemas más avanzados de iluminación y manejo energético. Este sistema se encarga de controlar

la intensidad de luz en distintos ambientes en función de las necesidades o preferencias de las personas para lograr mayor confort y productividad.

Los primeros controles automáticos de iluminación surgieron en la década de 1970, cuando controles de iluminación incorporaron sensores de movimiento autónomos. Estos otorgaban la autonomía necesaria para que las luces se enciendan o apaguen de manera independiente, permitiendo un mejor manejo de la energía y la luminaria. (Chincheró, Alonso, & Ortiz, 2021)

Hoy en día, la forma en la que estos sistemas trabajan es distinta en base al tipo y función de cada estructura y los diferentes ambientes dentro de la edificación. De manera general, el sistema controla la iluminación monitoreando y reaccionando al nivel de ocupación, midiendo la luz natural y preseleccionando la intensidad de luz óptima programada para cada ambiente en función de datos recopilados por diversos sensores. Todo esto según las necesidades y capacidad de receptor información del sistema.

El Sistema Inteligente de Iluminación integra la luminaria y permite la selección de ajustes para ofrecer ambientes placenteros, cómodos y correctamente iluminados. Además, este sistema provoca un ahorro de hasta un 50 % de la energía destinada para este fin y, por ende, se reducen los costos de operación. (Fuchtenhans, Grosse, & Glock, 2021)

Cuando se habla de iluminación inteligente se está haciendo referencia a una solución para todo tipo de tecnologías lumínicas que permite controlar, regular y personalizar cualquier tipo de luminaria artificial. En un ILS se espera que la luminaria pueda comunicarse con sus contrapartes a través de un sistema alámbrico o inalámbrico y las necesidades o solicitudes de los usuarios son atendidas por medio de la cooperación de la red interconectada de luminaria. Por ende, los sistemas de iluminación inteligente deben contemplar:

- Sensores de ocupación y/o movimiento que puedan detectar la presencia de un individuo.
- Sensores de medición de luz ambiente, conocidos comúnmente como fotorresistencias, para identificar la luz natural.
- La capacidad de alterar la potencia de luces individuales y su luminosidad.
- La capacidad de interacción entre luminarias y la unidad de control.

Es así como, en base a estas características, los sistemas de iluminación inteligente se dividen en dos tipos de funcionamiento y control. El primero es el Control Autónomo Distribuido,

donde no existe una unidad central de control en el sistema. Cada luminaria controla su intensidad de manera autónoma y en base a su propia fotorresistencia y se enciende o apaga de manera independiente. El beneficio de este tipo de control yace en su fiabilidad en cuanto a daños o malfuncionamiento debido a que un problema puntual no afecta al sistema, sino solamente al elemento que presente el defecto. También, se pueden realizar cambios al sistema de luces o sensores de manera más fácil y sin afectaciones a la red. Por ende, este sistema resulta conveniente en instalaciones de gran escala. (Attarchi, 2014)

El segundo tipo es el Control Centralizado. Este se tiene cuando se cuenta con al menos una unidad de control centralizado en el sistema que es responsable de tomar decisiones en base a la recolección de información de los sensores. En este tipo de control, no existe la autonomía de luminarias y la luminosidad es regulada a través de la unidad central para cada salida de luz de forma simultánea. En comparación con el control autónomo, este tipo de control resulta menos fiable en caso de daños o mal funcionamiento. Sin embargo, son sistemas más inteligentes que dan lugar a una mejor respuesta a los requisitos o necesidades de los usuarios al mismo tiempo que se ahorra energía gracias a la eficiencia en su funcionamiento. (Attarchi, 2014)

La creación de sistemas de iluminación inteligente robustos requiere de la implementación y distribución de sensores, luminaria y controladores de potencia que actúan como actuadores. Su integración y conectividad logra sistemas más sensibles y eficientes con la atención a necesidades del usuario mientras se mitiga el uso de energía eléctrica.

Los actuadores son dispositivos que cuentan con un motor eléctrico y un reductor, los cuales permiten accionar un dispositivo determinado y llevar a cabo cierta acción. Se puede dividir a los actuadores en dos categorías en conveniencia del trabajo en cuestión: Los actuadores conectados través de circuitos eléctricos que transfieren información al sistema de control y a los dispositivos que responden a los mismos a través de cables eléctricos; por otro lado se tiene aquellos actuadores inalámbricos cuyos usos pueden variar en función de las necesidades puntuales de un sistema, pero que en general son atractivos por su fácil integración a sistemas existentes sin la necesidad de invadir o requerir de cambios en el cableado. (Cheng Y. , Fang, Yuan, & Zhu, 2020)

Las tecnologías inalámbricas se han convertido en la mejor opción para la creación de sistemas de iluminación debido a su bajo costo, baja complejidad y alta flexibilidad. Además, la

tecnología emergente de redes de sensores inalámbricos o WSN (Wireless Sensor Network) ha aumentado la confiabilidad de las redes de sensores y los componentes de los actuadores, convirtiendo a estas redes más prácticas con respecto a aquellas cableadas. (Attarchi, 2014)

Sin embargo, se pueden identificar tres retos principales con respecto al uso de WSN para un sistema de iluminación inteligente. En primer lugar, debido a la cantidad de luminarias en un edificio, estos sistemas resultan de gran complejidad y exigen un funcionamiento idóneo para que no exista retraso o una mala respuesta a las necesidades del usuario. Segundo, el análisis de costo beneficio requiere de especial atención debido a que se requieren importantes inversiones de capital para lograr la mayor eficiencia en el sistema. Sin embargo, no siempre existe una relación directa entre el ahorro a largo plazo con respecto a la inversión en un sistema de alta eficiencia. Finalmente, al no utilizar cableado, los sistemas son propensos a sufrir malfuncionamiento, fallas en la red de comunicación o incluso respuestas de intensidad de iluminación menores a las requeridas. (Cheng Y. , Fang, Yuan, & Zhu, 2020)

5.1.1.1 Ventajas de los sistemas de iluminación inteligente

Aunque los beneficios de la iluminación inteligente varían en función de la edificación y los espacios comprendidos dentro del sistema, existen algunas ventajas generales que justifican su implementación en edificios, así como en el presente caso de estudio.

Estos beneficios son:

- **Aprovechamiento de la iluminación natural:** Gracias a la implementación de sensores y regulación de luminiscencia, los sistemas de iluminación inteligente aprovechan la luz natural para reducir la luz artificial sin alterar los niveles óptimos de iluminación para determinados ambientes.
- **Ahorro energético:** Debido a la alta eficiencia de los sistemas de iluminación inteligente, así como de las tecnologías luminarias empleadas, el ahorro energético es uno de ellos principales beneficios. Adicionalmente, dicha reducción en consumo energético conlleva a un menor costo de operación o ahorro económico.
- **Reducción en la huella de carbono:** El menor consumo de energía en una edificación resulta en la reducción de la huella de carbono en aquellos inmuebles que cuentan con un sistema de iluminación inteligente, volviendo a los espacios más sostenibles y responsables.

- Prolongamiento de la vida útil de las luminarias: Al reducir su utilización únicamente a los momentos necesarios, la vida útil de las luminarias se prolonga de tal forma que se reduce la producción de residuos, se logra un ahorro económico y se brinda comodidad a los usuarios y equipos de mantenimiento.
- Aumento de la productividad: Como se habló previamente en el presente trabajo, una de las ventajas más importantes del uso de iluminación inteligente es el aumento de productividad. Niveles óptimos en la intensidad de luz permiten que las personas ejecuten determinadas tareas de manera más eficiente, rápida y por periodos prolongados de tiempo. A pesar de que edificaciones residenciales la eficiencia de trabajo de las personas no es un factor esencial, el confort visual contribuye a la salud y comodidad de las personas.
- Espacios adaptados y personalizables: Los sistemas de control de iluminación permiten crear ambientes y espacios determinados según las preferencias y necesidades individuales y temporales de las personas. De esta forma, se logra una mayor versatilidad de los lugares.

5.1.1.2 Requisitos de iluminación por ambientes

Los requisitos de iluminación por ambientes varían en función de regulaciones, estudios y normativas de cada código constructivo. Sin embargo, estos requisitos buscan satisfacer las siguientes tres necesidades humanas básicas (Comisión de Normalización Europea, 2002):

1. Confort visual: La intensidad de luz, dependiendo del tipo de trabajo que se lleve a cabo dentro de una zona iluminada, influye directamente en el rendimiento y productividad de las personas.
2. Prestaciones visuales: La iluminación debe garantizar que las personas puedan desarrollar sus tareas visuales, incluso en circunstancias difíciles y durante periodos más largos.
3. Seguridad: La seguridad es la prioridad principal dentro de cualquier ambiente donde se encuentren personas. Es por esto que el sistema de iluminación debe satisfacer la necesidad de iluminar un ambiente hasta que la luz sea segura para realizar las actividades cotidianas sin peligro de daño o accidente por baja visibilidad.

Es importante comprender que se deben tener varios aspectos en cuenta para el diseño de un sistema de iluminación, especialmente si se desea incrementar su eficiencia a través de tecnologías inteligentes. El primer factor de relevancia es la arquitectura y distribución de los

espacios debido a que su diseño afectará la luz natural que se pueda aprovechar dentro del edificio. En segundo lugar, se tiene la iluminación mínima requerida o deseada en cada ambiente, para lo cual es necesario analizar la luminosidad y diseñar una distribución adecuada de luminarias para que cumplan con los requisitos mínimos y óptimos. Finalmente, es de consideración tomar en cuenta las normativas con respecto al tipo de cableado seguridad e instalación del sistema eléctrico, especialmente si se planea emplear algún tipo de cableado especial.

Dicho esto, en Ecuador se aplican tres normativas importantes con respecto a estos factores de consideración.

➤ INEN 1 152 – ILUMINACIÓN NATURAL DE EDIFICIOS. REQUISITOS

La normativa INEN 1 152 de Iluminación Natural de Edificios detalla los valores mínimos de iluminación natural para espacios comprendidos en viviendas, escuelas, oficinas y hospitales. Esta norma contiene dos subcapítulos de relevancia para la consideración en cuanto al diseño arquitectónico de proyectos.

1) Métodos de Determinación

El primer paso para comprender la iluminación natural y como esta afecta al confort visual de las personas es identificar las molestias visuales. Debido a que los espacios interiores no pueden tener una iluminación constante a lo largo del tiempo o igual en todas las zonas interiores, es importante que se diseñen los ambientes e interiores de tal forma que se produzcan transiciones graduales de iluminación y así evitar el deslumbramiento. Este fenómeno también puede producirse por entradas de luz, como ventanas, rodeadas por marcos o paredes con alto contraste, es decir, de colores oscuros. Para disminuir la incomodidad se pueden cambiar las dimensiones de la entrada de luz, modificar el color del espacio interior o incluir iluminación artificial que matice el cambio en la intensidad lumínica.

La luz natural debe ser representada como un porcentaje de la iluminación externa simultánea en el plano horizontal, donde dicho porcentaje se obtiene a través de la determinación del componente del cielo (CS), el componente de reflexión externa (CRE) y el componente de reflexión interna (CRI), obtenidos separadamente.

2) Requisitos generales de iluminación natural

Cuando se desee determinar el factor de luz natural que debe mantenerse en cualquier ambiente interior, la disposición de iluminación externa servirá como base. En caso de que los factores de luz natural no se puedan cumplir en los espacios interiores, será necesario complementar los espacios con luz artificial distribuida de manera tal que se cumpla con el confort visual para las tareas o ambientes específicos.

Tabla 5.1.

Factores de luz natural recomendados para interiores

AMBIENTE	PORCENTAJE DEL FACTOR DE LUZ NATURAL		
VIVIENDAS			
Salas	0.625		
Cocinas	2.5		
Dormitorios	0.313		
Estudios	1.9		
Circulaciones	0.313		
ESCUELAS			
Salas de clases		1.9	
Salas de lectura	2.0	a	2.5
Salas de estudio	2.0	a	2.5
Laboratorios	1.9	a	3.8
OFICINAS			
Oficina general		1.9	
Oficina de dibujo		3.75	
Oficina de información	0.625	a	1.9
HOSPITALES			
Sala general		1.25	
Laboratorio patológico	2.5	a	3.75
BIBLIOTECAS			

Archivos	0.9	a	1.9
Salas de lectura	1.9	a	3.75
Área de mostrador	2.5	a	3.75
Salas de consulta	1.9	a	2.5

Fuente: ([INEN], 1984)

Los niveles de iluminación natural deben medirse sobre el plano horizontal, en las siguientes posiciones:

- a) De 3,00 a 5,00 metros, a lo largo de la línea central perpendicular de la ventana;
- b) En el centro del local; y
- c) A lugares fijos donde estén ubicados escritorios, pizarrones, mesas, etc.

Estas posiciones para la medición de valores de luz natural son de especial importancia en edificios con sistemas de iluminación inteligente ya que los sensores deben ser ubicados en estos puntos o programados para valores equivalentes en posiciones distintas para que se cumplan con la intensidad de luz natural apropiada.

Esta normativa también indica los requerimientos y proceso de determinación de los tamaños y distribución óptimos de ventanas para el aprovechamiento de la luz natural. Sin embargo, y como se mencionó anteriormente, estos criterios son consideración de diseño y la iluminación puede ajustarse a través del interiorismo o la disposición de luminarias artificiales.

5.1.1.3 Tecnologías de iluminación inteligente LED para Edificios Inteligentes

- Sensores y controladores

La eficiencia de los sistemas de control de iluminación depende de la correcta selección de sensores y su ubicación dentro de los espacios que se desee controlar. Por lo general, se utilizan sensores de ocupación, que pueden ser de presencia o movimiento, y sensores de nivel de iluminancia. Los sensores infrarrojos piroeléctricos (PIR) son utilizados ampliamente en interiores y exteriores debido a su bajo costo, fácil instalación y su disponibilidad en el mercado. Por otro lado, las acciones inteligentes en sistemas de iluminación dependen de los controles de entrada y salida (E/S). Estos son capaces de abordar y transferir datos hacia y desde dispositivos interfaces

de usuario HMI (Human Machine Interface), como lo son pantallas táctiles, teléfonos inteligentes, entre otros.

- Redes de control para Edificios Inteligentes

Las redes de control en edificios inteligentes se basan en canales de comunicación llamados BUS, mediante los cuales la información se transmite entre todos los dispositivos conectados al mismo. Esta red permite al usuario conectar dispositivos llamados nodos inteligentes con capacidad de procesamiento propia. Las nuevas redes y tecnologías de BUS se destacan por su versatilidad y escalabilidad tanto en versiones cableadas como inalámbricas.

- NEC – HS – EE – EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES

Este capítulo de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción busca establecer los criterios y requisitos mínimos para el diseño y construcción de nuevas edificaciones y remodelaciones de uso residencial a lo largo del país, con el fin de optimizar el consumo energético.

En primer lugar, esta norma expone la Zonificación Climático-Habitacional en el Ecuador, debido a la influencia de la temperatura, grados días de enfriamiento y altura sobre el nivel del mar en el contexto del consumo energético. De esta forma, se identifican seis zonas climáticas: Húmeda muy calurosa, húmeda calurosa, continental lluviosa, continental templado, fría y muy fría; las cuales cuentan con características específicas resumidas en la *Tabla 3. Referencia para zonificación climática* de la norma en cuestión.

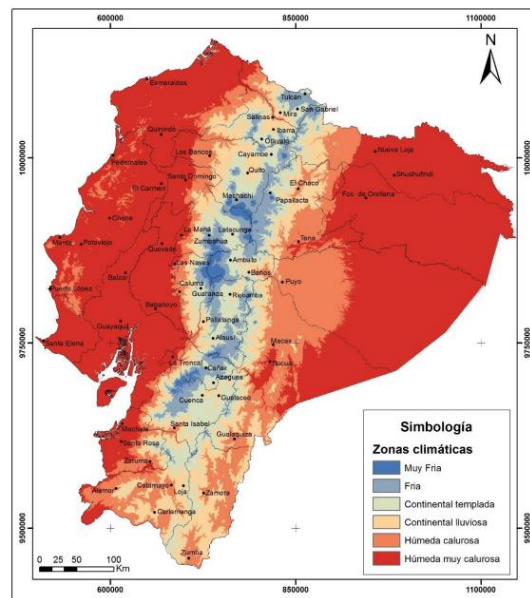
Las exigencias y recomendaciones que se exponen establecen mínimos para materiales o componentes con el fin de mejorar el comportamiento térmico y energético de los edificios. Para ellos es principal tomar en consideración la envolvente de la edificación. La envolvente de un edificio se refiere a la separación entre el entorno ambientado y el no ambientado. (Gibberd, 2009)

Para la envolvente de un edificio se debe considerar distintos aspectos de relevancia e influencia. Estos son:

- Categorías de espacio: Los espacios pueden ser habitables o no habitables. Un espacio se considerará habitable y deberá cumplir con los requisitos correspondientes independientemente de los equipos mecánicos o eléctricos incluidos en el proyecto.

(MIDUVI, NEC – HS - EE – EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES , 2018)

- Modificaciones a la envolvente: Se deben cumplir los requisitos referentes a aislamiento y reflectividad, infiltración de aire, y elementos translúcidos. (MIDUVI, NEC – HS - EE – EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES , 2018)
- Cerramientos opacos: Para superficies opacas, exceptuando puertas, se debe demostrar el cumplimiento mediante el valor mínimo nominal de resistencia térmica, utilizando los valores referenciales de los materiales de aislamiento; o mediante el valor máximo del coeficiente global de transferencia de calor, tomando en cuenta los valores de referencia de los paquetes constructivos. (MIDUVI, NEC – HS - EE – EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES , 2018)
- Elementos translúcidos: Los elementos translúcidos deberán cumplir con los valores de factor máximo del coeficiente global de transferencia de calor y el coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC). (MIDUVI, NEC – HS - EE – EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES , 2018)
- Clima: Se debe determinar la zona climática según el Mapa de zonas climáticas del Ecuador, el cual se representa en la Figura 13.



ELABORACIÓN: INER E INAMHI. FUENTE: REGISTROS METEOROLÓGICOS INAMHI (COLOR)

Figura 13. Mapa de zonas climáticas del Ecuador. (MIDUVI, NEC – HS - EE – EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES , 2018)

Esta norma menciona otros factores importantes y de consideración para el diseño y construcción de edificaciones como lo son el coeficiente global de pérdida por transmisión, control de la infiltración del aire y calidad del aire. Sin embargo, estos temas no resultan de relevancia para el estudio en cuestión.

Finalmente, la NEC-HS-EE detalla los valores mínimos de iluminación para los diferentes ambientes de una edificación. Cada espacio requiere de un nivel de iluminación distinto en función de sus necesidades para garantizar el confort, seguridad y salud de las personas. De forma específica, la *Tabla 5.2. Niveles mínimos de iluminación al interior de la vivienda* especifica la iluminación mínima, recomendada y óptima para los ambientes residenciales y comunales de una edificación. Dichos valores se expresan en términos de LUX, que es la unidad de intensidad de iluminación.

Tabla 5.2.

Niveles mínimos de iluminación al interior de la vivienda

Área	Mínimo (LUX)	Recomendado (LUX)	Óptimo (LUX)
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo/baños	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de estudio o trabajo	300	500	750
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación y pasillos	50	100	150
Escaleras, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200

Fuente: (MIDUVI, NEC – HS - EE – EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES , 2018)

Los valores de iluminación deberán ser medidos en el centro de cada área en el plano horizontal y a una altura de 60 cm desde el nivel del piso.

Adicionalmente, las instalaciones de iluminación deberán ser eficientes energéticamente, por lo que se debe calcular el Valor de Eficiencia Energética (VEEI) en unidades W/m² (Watt/metro cuadrado) que representa la potencia energética por unidad de superficie. La fórmula se calcula según la NTE INEN 2506, por cada 100 luxes se evalúa de la siguiente forma:

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S_i \times E_m}$$

Ecuación 10. Valor de Eficiencia Energética

Donde:

P = Potencia total instalada en las bombillas más los equipos auxiliares, incluyendo pérdidas [W].

S_i = Superficie iluminada [m²].

E_m = Iluminación promedio horizontal mantenida [lux].

El Valor de Eficiencia Energética obtenido no debe superar los siguientes valores:

Tabla 5.3.

Valor de Eficiencia Energética por zonas

Zona de actividad diferenciada	VEEI máximo (W/m²)
Dormitorios	12,0
Salas	7,5
Cocina/comedor	10,0
Cuarto de estudio	10,0
Baños	12,0
Bodega	6,0

Fuente: (MIDUVI, NEC – HS - EE – EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES , 2018)

➤ NEC – SB - IE – INSTALACIONES ELÉCTRICAS

El subcapítulo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC – SB – IE de Instalaciones Eléctricas presenta de maneras concreta las especificaciones correspondientes a las instalaciones eléctricas de edificaciones, especialmente conveniente para proyectos residenciales. Esta norma

contiene las especificaciones técnicas y requisitos mínimos para el diseño y ejecución de instalaciones eléctricas residenciales. Cabe recalcar que esta normativa no es un manual de diseño, sino una norma de requisitos a cumplir para garantizar la seguridad de personas y bienes contra los riesgos eléctricos, al mismo tiempo que la calidad y continuidad del servicio.

Para el diseño y factores de consideración específicos, se debe hacer uso del Código Eléctrico Nacional CPE INEN. Otro manual de diseño importante en el cual el profesional se puede basar es el NFPA 70 National Electrical Code, que es el código americano ampliamente utilizado en países de Latinoamérica.

Aunque la NEC – SB – IE hace referencia a todas las instalaciones eléctricas necesarias para la funcionalidad de una vivienda, para el caso en estudio se hará referencia a las secciones correspondientes al sistema de iluminación.

En primer lugar, este código norma que se debe considerar una carga máxima de 100 Vatios (W) para cada salida de iluminación, y el diseño de la red se hará en función de la clasificación de la vivienda según el área de construcción.

Tabla 5.4.

Diseño de red de iluminación en función del tipo de vivienda

TIPO DE VIVIENDA	Área de Construcción (m ²)	Número Mínimo de Circuitos
		Iluminación
Pequeña	$A < 80$	1
Mediana	$80 < A < 200$	2
Mediana grande	$201 < A < 300$	3
Grande	$301 < A < 400$	4
Especial	$A > 400$	1 por cada 100 m ² o fracción de 100 m ²

Fuente: (MIDUVI, NEC–SB–IE–INSTALACIONES ELÉCTRICAS, 2018)

Esta norma también menciona que los circuitos de iluminación deben diseñarse para alimentar una carga máxima de 15 amperios y sin exceder los 15 puntos de iluminación.

5.1.1.4 Diseño de distribución de fotorresistencias

Una resistencia, es un elemento que se opone, con mayor o menor intensidad, al flujo de carga. En un circuito eléctrico, la resistencia es la oposición para que los electrones fluyan libremente a través de conductores. Las fotorresistencias, por ende, se basan en el efecto fotoeléctrico. Una fotorresistencia está constituida por semiconductores de alta resistencia que, en caso de que la luz que llega al dispositivo sea de baja frecuencia, los fotones son absorbidos por el semiconductor. Esto da lugar a que los electrones tengan la suficiente energía para saltar la banda de conducción o, en otras palabras, disminuya la resistencia del elemento. (Haraoubia, 2018)

Por lo tanto, una fotorresistencia o también llamada fotocelda es un dispositivo que produce una variación eléctrica como respuesta al cambio de intensidad de luz. Estos elementos tienen diversas aplicaciones, una de las más importantes siendo los diversos sistemas de iluminación.

Como se expuso anteriormente en este capítulo, los sistemas de iluminación pueden funcionar a través de un control autónomo distribuido o tener un control centralizado. En el primer caso, todo punto o circuito de iluminación debe poseer su propia fotorresistencia, o sensor correspondiente, con el fin de que cada iluminaria responda de manera autónoma a la influencia de la luz natural, movimiento o de presencia. Un ejemplo de esto son las redes de alumbrado público.

Los controles centralizados, por otro lado, pueden mejorar la eficiencia del sistema mediante la intercomunicación de luces según la complejidad y demanda del área a iluminar. Sin embargo, es importante resaltar que tanto la posición como el número de fotorresistencias debe ser correctamente analizado para evitar el malfuncionamiento de todo el sistema de iluminación.

En el caso de edificaciones residenciales, como es este caso de estudio, resulta conveniente instalar un sistema centralizado de iluminación en los departamentos, y considerar cada ambiente o habitación como una zona independiente para distribuir las fotorresistencias o sensores de luz de manera que los circuitos de iluminación puedan regularse a través de un sensor específico, sin tener que acudir a otra fuente.

Por otro lado, debido a las dimensiones y funcionalidad del Edificio BÔ, resulta conveniente pensar en mantener un sistema de control autónomo distribuido en las zonas donde la variación de luz natural no vaya a ser significativa o la afluencia de personas sea intermitente. Este

es el caso de los parqueaderos, gradas y pasillos, donde la luz natural es escasa y se puede aprovechar las propiedades del sistema autónomo. Esto, a su vez, resulta de mayor eficiencia y simplifica el diseño, mantenimiento y funcionamiento del sistema de iluminación en las áreas mencionadas.

En el caso de las zonas de comunales como es el salón comunal, la pérgola y el área de jardín de la terraza, y el hall de ingreso, es importante reconocer su finalidad para pensar en el tipo de sistema de iluminación a emplear. El hall de ingreso, por una parte, es una zona que recibe la entrada de luz natural de manera variada a lo largo del día y que requiere de iluminación artificial para garantizar el confort de las personas. En esta zona, por ende, es apropiado ubicar fotorresistencias de manera distribuida y agrupar el sistema de iluminación para que este sea centralizado. En la zona de la terraza, por el contrario, se puede realizar una división del sistema de iluminación. En los jardines, resulta conveniente que la iluminación sea autónoma debido a varios factores como son el hecho de que no todas las luces tendrán la misma exposición a la luz natural, existe una variedad mucho más accesible en el mercado de luminarias decorativa para este fin que cuentan con fotorresistencias y, finalmente, el hecho de que, al estar expuestas a la intemperie, son propensas a sufrir daños, donde el sistema autónomo puede evitar que todo el circuito falle.

Para las zonas del salón comunal y la pérgola, se puede emplear un sistema de iluminación de control centralizado y ubicar sensores de luz de manera estratégica distribuidos en estos dos ambientes.

5.1.1.5 Propuesta para el sistema de iluminación

Los edificios inteligentes se deben comprender como sistemas complejos que buscan el confort, comodidad y bienestar de las personas a través de la tecnología. Dicho esto, es necesario considerar que, sobre todo, la flexibilidad en el uso e implementación de determinados sistemas y componentes deben estar sujetos a las preferencias del usuario y los requisitos de la edificación.

Por esta razón, para el caso del sistema de iluminación inteligente del edificio se ha decidido plantear las alternativas de la siguiente forma:

- Para el caso de las zonas como pasillos, escaleras, parqueaderos y ascensor se plantea una sola propuesta debido a que las demandas que el sistema de iluminación debe solventar son limitadas, predecibles y, para el caso de estudio, bien definidas.

- La terraza, por otro lado, al ser un espacio comunal con fines recreativos, requiere de un sistema de iluminación más eficiente, confortable y duradero. Es por esto que la propuesta de esta zona se plantea en función de los tres ambientes de esta planta que son el área verde recreativa, el salón comunal y la pérgola. Esta división por ambientes permite mayor flexibilidad en el funcionamiento de la iluminación para beneficio de los usuarios, al mismo tiempo que, mediante un diseño apropiado, evita pérdidas de energía por funcionamiento indebido de puntos de luz.
- Al igual que la terraza, el vestíbulo es una zona de especial importancia en el edificio. Este representa la primera experiencia o imagen que las personas tienen al entrar a la edificación, por lo que es de suma importancia que el ambiente sea agradable y correctamente iluminado. Para lograrlo, se decidió diseñar su sistema de iluminación con un criterio distinto al de otras zonas comunales como pasillos o escaleras.
- Finalmente, en el caso de los departamentos, la opción que se plantea pretende maximizar el potencial de las tecnologías para edificios inteligente, en este caso para el sistema de iluminación, de tal forma que los usuarios tengan un mayor control sobre los ambientes dentro de sus hogares, se priorice la comodidad visual y se garantice una eficiencia del sistema. Adicionalmente, en este capítulo se explicará de manera general las opciones alternas que las personas tienen para mejorar la inteligencia de sus hogares a través de tecnologías accesibles, de fácil instalación y de fácil control.

Cabe recalcar que las propuestas que se plantean a continuación no han considerado la cantidad, o posición de puntos de luz. Como se expuso en el subcapítulo de *Requisitos de iluminación por ambientes*, la luminaria se diseña y posiciona tanto en base al cálculo de lúmenes por ambiente como a un diseño arquitectónico que puede variar infinitamente según el diseñador. Cambiar el diseño no es el fin de este trabajo, sino mejorar los sistemas existentes a través de tecnologías de edificios inteligentes, por lo que se mantuvo la posición y cantidad de casi todo el sistema de iluminación del edificio.

5.1.1.5.1 Elementos del sistema de iluminación

Para el diseño del sistema de iluminación que se propone en este trabajo se plantea recablear determinados circuitos para tener zonas de iluminación específicas y así tener un control más preciso en cada área del edificio. En el caso de las áreas comunales se tendrá una división

global de la terraza; los pasillos, parqueaderos y gradas; y el hall de ingreso como zonas independientes que contienen subsistemas de iluminación. Por otro lado, para los departamentos, se decidió dividirlos en 8 zonas, comprendidas por cocina, comedor, sala, terraza, habitaciones, sala familiar, área de lavado y hall de ingreso.

La ventaja de dividir la iluminación por zonas es que permite tener un control más preciso sobre la luminaria, teniendo la capacidad de independizar la intensidad de luz, luces encendidas y escenarios de iluminación.

- **Sistema de control Lutron**

El sistema de control de iluminación propuesto será independiente y centralizado, manejado por un procesador central de la marca Lutron para todo el edificio. Este sistema está compuesto por varios elementos de comunicación, censo y control, como son los tableros Ecosystema, las antenas Qms, sensores de movimiento inalámbricos, interruptores inalámbricos y foto resistencias.

La razón por la que se decidió utilizar un sistema Lutron es que cuenta con un gran catálogo de dispositivos para sistemas de control, incluyendo todos los necesarios en este proyecto, al igual que su programa presenta una interfaz amigable con el usuario. La compatibilidad entre estos dispositivos, la facilidad de implementación y la flexibilidad en cuanto a diseño permiten crear sistemas más eficientes y amigables con el usuario. Es importante mencionar que la mayoría de estos equipos deberían ser importados, sin embargo, son ampliamente ofertados y comercializados en otros mercados internacionales.

Dentro de las funciones que se le puede ofrecer al usuario mediante este sistema se encuentran la opción de controlar las diferentes zonas del ecosistema de forma programada o de manera remota a través de un dispositivo con acceso a la red.

- **Elementos del sistema de control**

A continuación, se explicará el funcionamiento de los dispositivos de control considerando su jerarquía en el sistema, desde los dispositivos de censo al procesador principal:

➤ Control automático:

El control automático permitirá manejar la iluminación mediante el uso de sensores, los cuales detectaran la presencia de personas para encender o apagar las lucen sin la necesidad de realizar ninguna acción.

- Drivers

Los drivers son el primer elemento del control. Son los encargados de controlar tanto el encendido de las luminarias como la potencia de las mismas. La selección de estos drives depende de la potencia de las luminarias que controlaran. Estos dispositivos se conectarán en una bandeja central tenido un numero de 8 drivers de 150W cada uno para el control de la iluminación de los departamentos y 4 drivers de 250W, de igual forma centralizados en una bandeja, para el control de las zonas comunes del edificio.



Figura 14. Driver. (LUTRON, 2022)

Estos dispositivos funcionan con un cable de control y un cable de potencia de 110V actuando como interruptor, permitiendo o evitando el paso de corriente. Se debe de tener en consideración que estos dispositivos pueden llegar a operar a los 75 grados centígrados, por lo que para el caso de estudio no requieren de elementos de aislamiento o ambientes controlados.

- Sensor de presencia inalámbrico

Los sensores inalámbricos de marca Lutron, como su nombre lo indica, detectan la presencia de personas en determinada zona para así poder tomar la acción pertinente de encendido

de luminarias. Estos sensores presentan 3 configuraciones: encendido automático/apagado automático; Encendido automático luz baja/apagado automático y encendido manual/apagado automático.



Figura 15. Sensor de presencia inalámbrico. (LUTRON, 2022)

- Antena Qms



Figura 16. Antena Qms. (LUTRON, 2022)

Las antenas QMS son las encargadas de recibir la señales de los dispositivos inalámbricos como los sensores de presencia, las botoneras, y las foto resistencias, al igual que darán las señales de control para los drivers, estas antenas soportan un número máximo de 30 dispositivos los cuales deben dividirse en 3 grupos de 10 elementos, pueden ser 10 drives, 10 botoneras, 10 foto resistencias, considerando el número de elementos se consideró colocar 2 antenas QMS por departamento una encargada de los drives , las botoneras y los sensores de presencia, y la otra encargada de las botoneras y los sensores de luz día.

- Tablero ecosystem



Figura 17. Tablero ecosystem. (LUTRON, 2022)

Los tableros ecosystem son los encargados del control de todos los dispositivos de censo y control del piso, estos mismo cuentan con dos lasos de control lo que es adecuado para nuestro sistema ya que se cuenta con dos departamentos por piso, cada uno de estos lasos puede controlar un total de 64 cargas (cada driver es considerado una carga).

- Procesador Lutron



Figura 18. Procesador Lutron. (LUTRON, 2022)

Es la computadora central del sistema la cual recibe la señal de los tableros ecosystem de cada piso y se conecta por medio de una dirección IP a los servidores de Lutron permitiéndonos tener acceso a la interfaz de control de iluminación, todo esto por medio de una página web a la que se puede acceder desde cualquier dispositivo que tenga acceso a la red.

➤ Control manual:

Este control se da por medio de las botoneras inalámbricas (interruptores de pared) permitiéndonos tener escenarios de iluminación previamente programados.

- Botoneras



Figura 19. Botonera

Son interruptores inalámbricos los cuales se pueden colocar en la pared por medio de un adhesivo, cuentan con una batería de 10 años, en el proyecto se usarán 2 tipos de botoneras, una de 3 botones de escena y dos de control de nivel de iluminación y otro de 4 botones con escenas programadas, la programación de las botoneras se la realizara a gusto del usuario.

- **Sistema de medición de luz natural**

- Sensor luz día (foto resistencias)

Este sensor es de gran ayuda para el monitoreo de la luz natural que ingrese a las diferentes zonas de los departamentos, permitiéndonos regular la intensidad de las luminarias para tener un nivel adecuado de iluminación para cada zona, esto permite un ahorro considerable de energía al encender las luminarias al nivel adecuado dependiendo de la iluminación natural.



Figura 20. Sensor luz día. (LUTRON, 2022)

- **Programación del sistema**

La programación del sistema conlleva dos partes: la primera se realiza después de instalar el programa para la configuración e integración de todos los elementos de control y la segunda se la realizara con el usuario teniendo una programación más fina al gusto de las personas que hagan uso de los espacios iluminados de manera inteligente.

- Programación del sistema

La programación del sistema empieza después de tener el sistema conectado, iniciando por dibujar las zonas de iluminación con sus respectivas cargas en el sistema. Después, se debe reconocer los dispositivos como los sensores de presencia o las fotorresistencias, los cuales deben ser ingresados y reconocidos en sistema por medio de su número de serie o por medio de la antena. A continuación, se deben de reconocer las cargas en el sistema lo que significa identificar cada uno de los drivers en el sistema, luego se programan las botoneras creando los escenarios básicos para cada uno de los botones. Por último, se debe programar y configurar los sensores luz día con ayuda de un luxómetro para poder tener una medida del nivel de iluminación que deseamos, dependiendo las normas de iluminación interior.

- Programación fina

Esta programación se la realiza con los usuarios finales, mediante los ajustes y configuraciones en base a sus preferencias de iluminación, necesidades de uso y preferencias en cuanto a actividades o estilo de vida. Cada sistema puede ser ajustado a los requisitos de las personas que vayan a habitar los espacios iluminados mediante este sistema, brindando una flexibilidad de uso y diversidad de opciones de configuración.

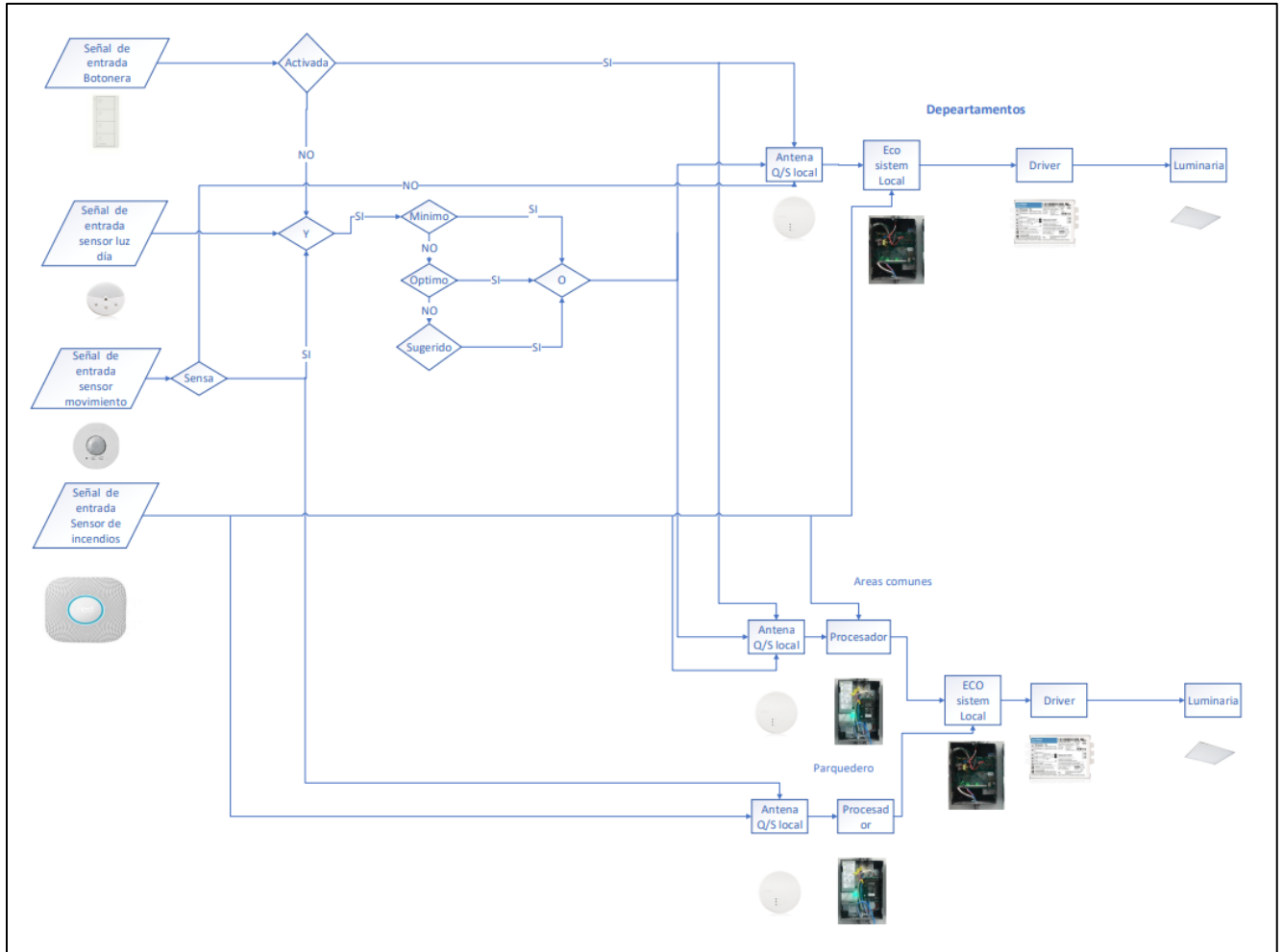


Figura 21. Sistema de iluminación Fuente: Elaboración propia

Tal como se muestra en la Figura 21, el diagrama muestra de manera gráfica el funcionamiento del sistema de iluminación en cuanto a respuesta y accionamiento de los diferentes componentes integrados. Como entradas al sistema se tiene las señales de las botoneras, sensores de movimiento y sensores de luz natural, entradas que mantienen una jerarquía el momento de controlar el sistema.

Siendo las botoneras las de mayor jerarquía, debido a que activa la configuración programada de iluminación indistintamente de las mediciones de fotorresistencias o lecturas de los sensores de movimiento. Las señales de los sensores de movimiento o los sensores de luz natural viajarán de forma inalámbrica a la antena de la zona, la cual envía esta señal al tablero ecosystem por medio de un cable de datos. Este procesa todas las señales recibidas y genera la respuesta de control, la cual se envía al driver para controlar las luminarias de las zonas planteadas.

Para el caso de zonas comunales, el funcionamiento de las señales de entrada, con sus respectivas jerarquías, son exactamente iguales. La diferencia se encuentra a que los procesadores ecosystem envían la señal a una computadora central, la cual envía la respuesta de control a los drivers.

Adicionalmente, como parte del sistema contra incendios, en caso de presentarse una eventualidad, se enviará una señal a los tableros, los cuales activan los drivers y estos, a su vez, encienden la iluminación de los departamentos y pasillos como respuesta al evento de un incendio.

5.1.1.6 Planteamiento del uso de Power Management

El incremento de disponibilidad de redes inalámbricas para la automatización de casas y edificios ha provocado el interés en los sistemas de manejo energético. Este interés, también, viene acompañado de la conciencia ambiental y el uso medido de recursos. (Iwayemi, Wanggen, & Chi, 2011)

Como se mencionó anteriormente, un edificio inteligente no solo es aquel que trabaja a través de sistemas integrados para el funcionamiento autónomo. Adicionalmente, debe garantizar la productividad y la eficiencia de los recursos por medio de elementos básicos de funcionamiento y control. (IGI Global , 2021) Para lograrlo, en la actualidad se emplean diversos sistemas que permiten mejorar la productividad y calidad de vida de las personas con una mayor eficiencia

global de los recursos. Uno de los sistemas más importantes para lograrlo en edificios inteligentes es el Power Management o PM.

Power Management, también conocido como Building Energy Management System (BEMS), es un sistema comprendido por elementos de hardware y software, que permiten el monitoreo del uso de energía dentro de una edificación o sección de ella. Adicionalmente, el usuario puede controlar de forma manual, programar o configurar, a través de una computadora o dispositivo centralizado, el gasto energético de distintos elementos que se alimentan de la red interconectada del sistema BMS. (Randall, 2017)

Tradicionalmente, la administración de energía se ha utilizado en instalaciones como hospitales y centros de datos donde el uso y la disponibilidad de la energía son de suma importancia. Sin embargo, su aplicación no se ve limitada únicamente a estas estructuras. Debido a la dependencia de los equipos modernos en la energía para su funcionamiento, es evidente el potencial de Power Management en diversos tipos de estructuras donde existe un potencial de ahorro energético.

Los beneficios de la adición de un sistema de monitoreo de energía y potencia en una edificación incluyen menores costos de mantenimiento a equipos, reducción en el consumo de energía eléctrica, incremento en la vida útil de equipos y mejoras en la calidad de vida de las personas, y la productividad y confort de los ocupantes. (Chidichimo & Oates, 2015)

La gestión de energía ayuda a identificar qué sistemas del edificio o equipos están contribuyendo más al desperdicio de energía eléctrica. Mediante un monitoreo constante y en tiempo real, el sistema de Power Management analiza el consumo energético de cada elemento conectado, lo compara con el consumo óptimo y reconoce las inconsistencias en cuanto al uso energético.

Este monitoreo de energía maximiza las operaciones eficientes del día a día al brindar visibilidad de las propiedades en tiempo real del suministro eléctrico de un edificio. Power Management permite a los equipos de administración, operaciones y mantenimiento del edificio ver cómo los diferentes sistemas y equipos del edificio afectan el sistema eléctrico. También destaca cómo los diferentes sistemas y equipos se afectan entre sí.

Así también, el sistema de PM permite a los usuarios identificar falencias dentro de la red o en determinados puntos de ella. Mediante el análisis continuo de energía, un sistema inteligente de PM analiza los consumos promedios de energía de los equipos conectados. En caso de existir daños o mal funcionamientos, una de las primeras señales es el incremento del consumo de energía por parte de dicho equipo. Por lo tanto, al ocurrir esto, el sistema PM alerta del problema y se puede dar mantenimiento al equipo de manera inmediata, evitando que este pueda sufrir daños mayores.

5.1.1.6.1 Beneficios de la implementación del sistema de Power Management en el BMS

Son varios los beneficios que una edificación puede obtener a través de la implementación del sistema de Power Management. Dichos beneficios pueden variar en función del tipo de estructura, actividades que se realicen dentro de la misma o de los equipos con los que se cuente.

No obstante, de manera general, los beneficios más relevantes son:

- **Maximiza el desempeño de los equipos:** Las irregularidades o variaciones en el voltaje pueden dañar de forma parcial o permanente a los equipos eléctricos de un edificio. El sistema de PM identifica las irregularidades o la baja calidad de suministro eléctrico de manera temprana, de tal forma que se pueda dar una respuesta temprana y eficiente. (Chidichimo & Oates, 2015)
- **Impide el daño de equipos:** las distorsiones o variaciones en el suministro energético son causas comunes de daños en componentes eléctricos. Un sistema de monitoreo alerta de dichas variaciones y da la posibilidad a que las soluciones se den de manera inmediata a la red, sin necesidad de que los equipos se vean afectados. Paralelamente, los gastos administrativos y de operación se ven reducidos ya que se puede diferenciar los daños en las redes de suministro de aquellos existentes en los equipos. De esta manera, se puede solventar el problema de manera directa, evitando que técnicos deban buscar las anomalías en el sistema integrado.
- **Se evitan fallas catastróficas:** la implementación de Power Management, debido al monitoreo en tiempo real, evita que se produzcan daños irremediables en los equipos a causa de daños no identificados o falta de mantenimiento.

- Reducción en costos de operación: el uso de un sistema adecuado de PM ofrece a los usuarios la posibilidad de tener un registro, control y análisis de los consumos energéticos de tal forma que se puede responder a las demandas de energía de manera puntual y eficiente. En otras palabras, la energía se destina exclusivamente a aquellos procesos, sistemas y equipos que la requieran, evitando destinar este recurso a otros que no la requiera. Un ejemplo de esto es el monitoreo y regulación del sistema de climatización o de operación de equipos en áreas comunales poco frecuentadas.
- Retorno de la inversión: los sistemas tecnológicos para edificaciones inteligentes representan un costo de inversión inicial importante. Sin embargo, la mayoría de los sistemas inteligentes integrados permiten un retorno de la inversión. En el caso de PM, a lo largo de los años, reducirá de manera significativa el costo de operación y mantenimiento de la estructura, justificando el costo inicial de la implementación de este sistema.

5.1.1.6.2 Aplicación en el caso de estudio

El uso de Power Management en una edificación resulta conveniente siempre y cuando se aplique el sistema de manera que se ajuste a las necesidades y características del edificio en cuestión. Para el presente caso de estudio, es importante entender que el Edificio BÔ es habitacional y solo presenta determinados espacios comunales. Estos hechos son relevantes debido a que, a diferencia de otros edificios, se debe tener en cuenta la privacidad e independencia de los usuarios para el diseño de todos los sistemas existentes. Es decir, no se puede invadir con un sistema general el espacio privado de las personas para obtener información de sus equipos, consumos energéticos o rutinas. Por ello, la propuesta de aplicación de Power Management estará dividida en dos secciones, en función de los tipos de aplicación de dicho sistema.

El sistema de Power Management puede funcionar en dos formatos según su uso y aplicación:

1. Software autónomo: en una aplicación autónoma del sistema, el software proporciona una visibilidad centralizada del uso energético y las relaciones con rendimientos y longevidad de los equipos conectados. (Chidichimo & Oates, 2015)
2. Sistema integrado con BMS: La administración de energía se puede integrar en el sistema de administración de la edificación para proporcionar una vista única y unificada de las

operaciones del edificio. La gestión de energía vinculada a BMS ayuda a que los sistemas eléctricos y mecánicos funciones mejor de manera integrada. (Chidichimo & Oates, 2015)

La propuesta a plantear sería, por ende, colocar dos diferentes tipos de sistemas de PM en las distintas zonas del edificio. Por un lado, para las zonas comunales donde se busca un ahorro energético, económico y una menor huella de carbono, se podría integrar el sistema de Power Management al BMS de tal forma que la computadora central de la edificación tenga acceso a la información proveniente únicamente de los equipos ubicados en áreas comunales y que, por interés general, se pueden ajustar a patrones de uso de los habitantes sin violar su privacidad. Por otro lado, y a decisión de cada propietario, se puede colocar sistemas independientes de PM en los departamentos de tal forma que la información de consumo energético, rutinas y patrones de los habitantes permanezca únicamente a su disposición y que el sistema trabaje para mejorar la calidad de vida de las personas de forma individual y personalizada.

Como se mencionó al inicio de este trabajo, la inteligencia en edificaciones tiene un concepto distinto a la automatización. La inteligencia involucra un sistema más amplio donde se incorporan redes de comunicación, que pueden ser alámbricas o inalámbricas, entre los distintos equipos y dispositivos de una red. Los sistemas inteligentes deben ser capaces de receptar esta información, analizarla y tomar medidas o decisiones en base a proyecciones a futuro. (Lashkari, Chen, & Musilek, 2019)

Para la interacción entre los distintos componentes y equipos de un sistema inteligente, en la actualidad se ha optado por la implementación de Smart Grid en algunos edificios. Los Smart Grids son infraestructuras de redes de poder y energía modernas que buscan la eficiencia y rentabilidad a través del control automatizado, sistemas de comunicación, sensores y medidores, y elementos modernos de administración energética. Estas redes emplean, entre otras formas de comunicación, la tecnología de IT que permite la comunicación bilateral entre el sistema centralizado y cada equipo o subsistema de interés. (Kolokotsa, 2016)

Las redes de Smart Grid resultan especialmente convenientes en edificaciones o sistemas complejos de gran envergadura, pudiendo incluso tratarse de una ciudad, debido a su capacidad de interconectar y controlar una amplia cantidad de quipos, sistemas y procesos de manera sincronizada y tomando decisiones puntuales en base a una fuente de información global. Sin embargo, el inconveniente más grande de esta tecnología es el precio. A pesar de que el principal

beneficio es el ahorro energético y el incremento de la eficiencia dentro de un sistema, muchas veces su inversión inicial no se ve compensada por la reducción en costos de operación. Esto sucede principalmente cuando no se interconectan todos los subsistemas o no se abarca una edificación de gran envergadura. (Kolokotsa, 2016)

Es por esta razón que, aunque es importante destacar el potencial e importancia de Smart Grid cuando se habla de edificios inteligentes, también es necesario reconocer cuando resulta favorable la implementación de determinadas tecnologías. En el caso de estudio del Edificio BÔ el uso de Smart Grid no es favorable debido, principalmente, a dos aspectos. El primero es que el edificio es relativamente pequeño y no se lograría un ahorro económico en cuanto a operación que justifique la inclusión de esta tecnología. El segundo aspecto que causa el descarte de esta tecnología es que para que exista un Smart Grid, se debe recolectar una cantidad sumamente grande de información en el edificio, como por ejemplo de consumos individuales de electrodomésticos, horas pico de consumo en cada ambiente o uso de los sistemas de iluminación. Esto, como se mencionó anteriormente, invade de manera excesiva la privacidad de las personas y se corre el riesgo de que la información se filtre y pueda ser empleada para usos indebidos.

Dicho esto, la propuesta de implementación de Power Management en el Edificio BÔ va separada en dos partes:

1. La primera propuesta de implementación de este sistema es la inclusión de PM como base de operación y funcionamiento cada uno de los departamentos. En otras palabras, se propone incluir un sistema de Power Management independiente en cada departamento, para que los usuarios tengan acceso a todos los beneficios de un sistema inteligente de manejo energético, sin que la información y datos de sus departamentos pueda ser visualizada por agentes externos.
2. La segunda parte de la propuesta involucra la inclusión de Power Management centralizado en el Edificio, haciendo énfasis en el hecho de que a este solo se conectarían las áreas comunales y equipos externos a los departamentos. De esta forma, se puede lograr una mayor eficiencia de la edificación y un control y monitoreo absoluto de los espacios, equipos y zonas comunales.

Aunque en el mercado mundial existen varios sistemas y alternativas, para este caso de estudio se ha decidido plantear la propuesta de implementación de Power Management en base al

Energi Savr Node (ESN), modelo QSN-4T16-S, de la marca Lutron. Este elemento reemplaza el tablero de distribución de energía, al mismo tiempo que puede funcionar como centro de control para cada departamento o como una de las partes fundamentales del BMS del Edificio BÔ.

El Lutron ESN es un dispositivo de gran versatilidad para el usuario. Este puede programarse de tres formas: el usuario puede programarlo directamente en el panel, a través de un dispositivo electrónico con sistema IOS o a través del Lutron Quantum System.

A diferencia de un tablero de distribución de energía convencional, al panel QSN-4T16-S se pueden conectar directamente sensores o dispositivos inteligentes según las características del sistema. De manera estándar, el panel cuenta con 4 entradas para sensores de ocupación, 4 entradas para fotorresistencias, 4 switches de bajo voltaje, y 4 switches estándar. El número de entradas de sensores al panel se debe a que se pueden controlar directamente 4 ambientes, sin la necesidad de adicionar componentes al sistema.

System Example

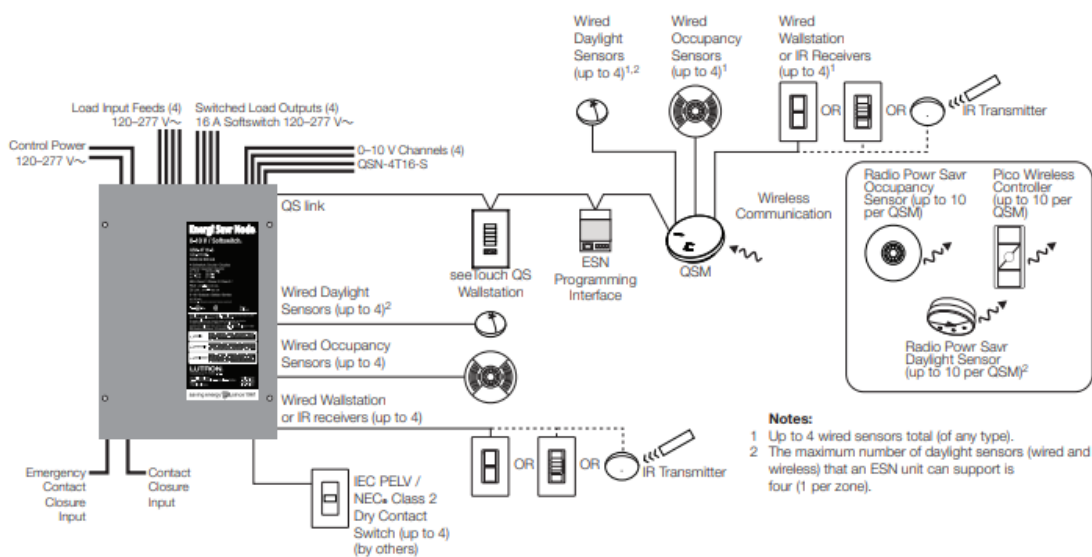


Figura 22. Sistema Lutron. (LUTRON, 2022)

En caso de que se requiera una programación de mayor complejidad o se requiera la integración de elementos complejos, se tiene la posibilidad de agregar un componente llamado Interfaz de Programación que amplía las opciones de programación del panel y da lugar a que se puedan manejar mayor número de ambientes o se realicen configuraciones complejas en cada uno de ellos.

Por otro lado, este sistema resulta conveniente para el caso de estudio debido a que el ESN puede formar parte de un sistema de conexión inalámbrica con otros dispositivos compatibles para lograr un incremento en la inteligencia del edificio. A pesar de que las conexiones eléctricas existentes favorecen la implementación de un panel de este alcance, una de las mayores ventajas de implementación está en el hecho de que este elemento puede recibir y enviar señales de forma inalámbrica a componentes compatibles como antenas, drivers o QSMs. Esta cualidad no solo brinda versatilidad de instalación, sino también de uso y de diseño para diferentes sistemas inteligentes.

Mediante la implementación de este sistema de Power Management en el edificio, tanto en los departamentos como en las zonas comunales, los usuarios tendrían varios beneficios y un mayor control sobre los espacios. Se podrían controlar los ambientes de manera autónoma, remota o programada, según convenga para cada espacio; los usuarios tendrían acceso a la información detallada de consumo energético de su departamento, incluyendo reportes de variaciones o picos de consumo; se podría configurar la generación de alertas en caso de que determinados electrodomésticos presenten consumos inusuales para proceder a la inspección y mantenimiento de los mismos; y otras opciones que dependerían de la implementación de componentes o sistemas adicionales.

De manera similar, y como se mencionó anteriormente, sistemas como el de iluminación podrían ser controlados a través de este panel inteligente, dando lugar a que se integren los diferentes sistemas y que el usuario pueda tener un control absoluto a través de un solo dispositivo o programa.

5.1.2 Control eléctrico en la protección contra incendios

La principal diferencia entre un edificio convencional y un edificio inteligente es que este último integra los sistemas que componen al edificio para incrementar su eficiencia, confort y seguridad. El beneficio de esta integración de sistemas independientes yace en que se pueden obtener mejores respuestas autónomas por parte del edificio ante situaciones complejas. Esto es principalmente importante cuando se trata de la seguridad de las personas dentro de la edificación.

Uno de los sistemas de seguridad con mayor relevancia dentro de cualquier edificio es el sistema de protección contra incendios. Los incendios pueden ser causados por distintos motivos,

como es el caso de las fallas eléctricas, fugas de gases combustibles, artefactos de calefacción en mal estado, fallas en equipos o electrodomésticos, entre otras. Es por esto que en un edificio inteligente resulta conveniente la implementación de un sistema de respuesta inteligente para evitar, contener y responder en caso de un incendio.

Los sistemas de protección contra incendios en edificios convencionales están generalmente compuestos por detectores de humos, alarmas de activación manual o automática, extintores, mangueras y señalización. Aunque estos elementos son necesarios y se emplean también en sistemas inteligentes, no siempre brindan la eficiencia ni la seguridad necesaria. Un sistema contra incendios tradicional está sujeto a la respuesta, acción y manejo de las personas, dando lugar a que puedan existir falsas alarmas, un mal manejo del equipo de emergencia, activación de protocolos tardía, y otras situaciones que retrasan o perjudican la respuesta ante un siniestro.

El Edificio BÔ actualmente cuenta con un sistema contra incendios tradicional que permite una activación mecánica manual de la alarma contra incendios. Adicionalmente, se encuentran integrados sensores de humo que permiten la detección temprana de CO₂ en pasillos y áreas comunales, en conjunto con algunos sensores de accionamiento automático localizados en los subsuelos. Sin embargo, hoy por hoy no existe ningún dispositivo de prevención de incendios o anulación de los mismos. Esta sección, por lo tanto, pretende proponer un sistema contra incendios más sofisticado, eficiente y práctico a través de la implementación de tecnologías inteligentes.

Mediante la implementación de tecnologías inteligentes para edificios en el sistema contra incendios, los sensores producirán una detección de incendios más rápida y mejor localizada, los sistemas inalámbricos evitarán la necesidad de cableado, se reducirá la probabilidad de falsas alarmas y se programará un sistema de accionamiento preventivo en caso de sismos. (Liu, Makar, & Kim, 2002)

5.1.2.1 Distribución de red contra incendios

El objetivo de los sistemas de alarma contra incendios es detectar la presencia de fuego no deseado en espacios por medio de control de cambios ambientales con el fin de notificar a las personas que deben evacuar y activar otros sistemas asociados para controlar la propagación del

fuego y el humo Los sistemas contra incendios pueden activarse automáticamente, manualmente o, por lo general, de ambas formas. (Abdalsalam, Abdulsalam, & Abdulgani, 2015)

Para edificaciones inteligentes se implementa un sistema automático de extinción de incendios mediante rociadores de agua. Un sistema de rociadores contra incendios es una medida activa de protección. El sistema consiste en una red de detectores de humo y calor que funcionan a la par con un sistema de suministro de agua, que proporciona una presión y un caudal adecuados a una tubería de distribución de agua, al que se conectan los rociadores contra incendios. Los rociadores descargan agua solamente en respuesta a una señal del sistema de detección de incendios. (Abdalsalam, Abdulsalam, & Abdulgani, 2015)

El sistema se integra por medio de un panel de control de alarmas de incendio. Este es un panel eléctrico informatizado el cual recibe la información de los detectores de incendios y supervisa su estado de funcionamiento. El panel de control de incendios proporciona el control automático y la transmisión de información necesaria para la supresión de incendios y las alarmas en base a una secuencia predeterminada. (Wang, 2010)

El sistema está en constante lectura del estado de los sensores de calor y humo. Si alguno de los detectores de humo se activa o los sensores de calor proporcionan una lectura superior a 60°C, el panel de control envía señales para activar las alarmas y las luces intermitentes. Después de unos segundos, el sistema activará la bomba y la electroválvula para bombear el agua y combatir el fuego a través de la boquilla del aspersor. Una vez que la alarma de humo se apaga y la temperatura aumenta, el sistema tarda unos segundos en apagar el fuego. unos segundos antes de desconectar la bomba de agua y la alarma. (Abdalsalam, Abdulsalam, & Abdulgani, 2015)

5.1.2.2 Modelo de sistema inteligente de protección contra incendios

En un edificio convencional, existen varias limitaciones en cuanto a la respuesta que se pueda ofrecer ante diversas situaciones debido al hecho de que los sistemas no se encuentran integrados. Sin embargo, en edificios inteligentes las respuestas no solo son más dinámicas e integrales, sino también más eficientes, rápidas y seguras.

La propuesta del sistema de protección contra incendios para el Edificio BÔ consta de algunos aspectos, tanto preventivos como mitigantes, que pueden incrementar la seguridad de las personas y la estructura en caso de incendios.

En primer lugar, todo sistema debe contener entradas de información o comandos para la activación de los protocolos correspondiente. Para un sistema contra incendios inteligente, estas entradas se componen por sensores directos, sensores indirectos y comandos manuales. Los sensores directos son todos aquellos que forman parte únicamente del sistema contra incendios como es el caso de los sensores de humo, sensores de gases o sensores de calor. También, un sensor sísmico entra dentro de la clasificación de sensores directos. Sin embargo, debido a que este forma parte de una acción preventiva y no de respuesta, se tratará de manera aislada en la siguiente sección. Los sensores indirectos, por otro lado, son todos aquellos que forman parte de equipos u otros sistemas pero que pueden ser conectados al sistema contra incendios como es el caso de termostatos, sensores de presión o reguladores de voltaje. Finalmente, los comandos manuales son las palancas o comandos comúnmente utilizados en edificaciones convencionales que permiten la activación del sistema contra incendios de forma mecánica. (Kaneshiro, Villani, & Miyagi, 2006)

La efectividad de un sistema contra incendios para edificios inteligentes aumenta debido a la capacidad de los sensores mencionados. En sistemas convencionales, los elementos de respuesta como bomberos se ven obligados a cubrir áreas mayores para detectar la posición de un incendio. En el caso de los sistemas inteligentes e integrados, la detección de incendios se procesa de forma tal que la información recopilada por sensores permite ubicar de manera fiable el origen y distribución de un incendio. Esto reduce el tiempo de respuesta efectiva, tanto del sistema como de bomberos u otros elementos, para eliminar el peligro y atender a las personas que se encuentren bajo peligro.

Debido a que la calidad de sensores y sus capacidades son tan influyentes, en los últimos años han aparecido en el mercado dispositivos capaces de detectar no solo humo, sino también calor, luz infrarroja y monóxido de carbono. Estos sensores de mayor capacidad permiten aumentar la cantidad de entradas de información al sistema inteligente manteniendo un número reducido de sensores instalados y manteniendo un discretísimo en cuanto a estética dentro de espacios habitables. (Khare, 2022)

Para la propuesta del sistema contra incendios del Edificio BÔ se decidió mantener el sistema contra incendios existente en las gradas de emergencia y los parqueaderos debido a que son efectivos para la función y el alcance deseado en estas zonas. Sin embargo, para los departamentos, terraza y hall de ingreso se propone la adición de sensores de alerta y activación

del protocolo contra incendios. A pesar de que en el mercado existen diversas opciones, una de las más convenientes son los sensores Google Nest Protect Battery-Powered Smoke and Carbon Monoxide Alarm, tal como se muestra en la Figura 23.



Figura 23. Sensor Google Nest

Este sensor es capaz de detectar humo y dióxido de carbono, lo cual facilita la identificación de incendios en el edificio. Sin embargo, cuenta con otras características que lo hacen conveniente para su implementación en el Edificio BÔ. En primer lugar, Nest es un sensor que funciona con baterías o conectado a la red energética y puede ser ubicado en paredes o techos de las zonas en las que se tenga interés controlar. Debido a que funcionan a través de redes inalámbricas, pueden ser conectados de manera sencilla a equipos electrónicos y, adicionalmente, son compatibles con el ecosistema de Lutron, sugerido como base principal del BMS. Estas características permiten no solo la activación del sistema contra incendios inteligente, sino también la notificación temprana a los usuarios. (Google, 2022)

5.1.2.3 Detectores sísmicos para la anulación del sistema eléctrico

A pesar de que los sismos representan uno de los mayores riesgos a la estructura de un edificio, también suelen ser los causantes de incendios en los mismos por consecuencia de fallas eléctricas o daños en equipos. Debido a esto, hoy en día algunos edificios inteligentes cuentan con sistemas preventivos de gran eficiencia que controlan el flujo de energía eléctrica en la edificación durante un evento sísmico. Este control, principalmente, busca anular el flujo de energía en zonas, circuitos o equipos específicos que corran riesgo de daño físico o eléctrico en un evento sísmico.

Para esta clase de sistemas, existen diversas alternativas de diseño e implementación de tecnologías que pueden emplearse en un edificio en base a sus características, utilidad y dimensiones. En el caso de estudio del Edificio BÔ, se tiene una edificación de tan solo 6 pisos de

altura y que cuenta con equipos y sistemas eléctricos reducidos. Sin embargo, es importante reconocer que, según la Normativa Ecuatoriana de la Construcción, se encuentra en una zona sísmica con caracterización de peligro sísmico alto. Esto representa un riesgo a considerar para la protección y prevención de peligros en el edificio.

Por lo tanto, para la prevención de incendios causados por efectos de sismos de gran intensidad se propone un sistema de activación autónoma que permita a los sistemas eléctricos mantenerse seguros durante un evento sísmico. Para lograrlo, en primer lugar, se deben instalar sensores que permitan detectar un movimiento telúrico y su magnitud e influencia sobre la edificación. Estos dispositivos se nominan acelerógrafos y se componen por tres sensores acelerómetros ortogonales capaces de registrar desplazamientos y aceleraciones en la componente norte-sur, este-oeste, y en sentido vertical. (Laboratorio de Ingeniería Sísmica, 2014)

Gracias a los circuitos eléctricos existentes, la inclusión de paneles QSN-4T16 y la programación de una computadora central, la propuesta en cuestión permitiría incluir un protocolo de anulación del sistema electrónico de manera sencilla y eficiente. A través de la inclusión de acelerógrafos, que pueden colocarse en la terraza del edificio. Debido a la altura del Edificio BÔ y la confiabilidad de los acelerógrafos que existen hoy en día en el mercado, un único dispositivo ubicado en esta planta resultaría suficiente para el protocolo de anulación deseado.

Mediante una comunicación directa, el acelerógrafo puede enviar las dimensiones de desplazamientos y vibraciones de la edificación a la computadora central. Luego, en base a consideraciones estructurales, se puede programar a la computadora para ordenar la anulación de determinados circuitos a través de los paneles QSN para que eviten la continuidad de energía eléctrica luego de haberse superado un cierto grado de intensidad sísmica o desplazamiento de la estructura.

Uno de los sensores que se encuentran en el mercado es el Sensor Sísmico Honeywell SC100, tal como se muestra en la Figura 24. Este dispositivo de alta sensibilidad se emplea en edificaciones de diversos tipos donde se requiere de la detección precisa de movimientos sísmicos para la activación de protocolos preventivos. Es un dispositivo de gran flexibilidad debido a que es compatible con distintos sistemas de BMS y puede ser adicionado a un sistema contra incendios existente o integrado dentro de uno nuevo sin la necesidad de una programación compleja. (Honeywell, 2019)



Figura 24. Sensor Sísmico. (Honeywell, 2019)

5.1.2.4 Sistema de anulación de equipos y programación del sistema eléctrico

El sistema o protocolo de anulación de equipos es una programación de la computadora central y de los paneles de control para la interrupción de la corriente eléctrica hacia determinados circuitos o equipos conectados de forma directa a dichos paneles. Como se mencionó previamente, los paneles de control QSN-4T16 que se incluyen en esta propuesta de tecnologías para edificios inteligentes tienen la capacidad de programarse o controlarse de forma remota para cumplir con diversas funciones. Una de ellas es el monitoreo, análisis y control de la energía que llega a ciertos equipos o se consume en un circuito cerrado.

En primer lugar, para el caso de equipos como bombas, generadores u otros dispositivos independientes de gran capacidad el sistema de anulación de equipos funcionaría en base a las especificaciones técnicas de cada uno de ellos. El rango de consumo de energía eléctrica es un indicador del estado del equipo. Es por esto que, en base a este rango provisto por el fabricante es posible tomar decisiones preventivas para evitar daños o accidentes causados por el mal funcionamiento de los mismos. Los QSN de cada departamento y del edificio pueden funcionar como entradas de información para la computadora central del edificio que, mediante una programación interna, puede dar instrucciones a los mismos paneles para mantener o interrumpir el flujo de energía a los equipos. Esto evitaría no solo el daño de los mismos, sino también sobrecalentamientos, quemaduras o daños en los mismos, que pueden resultar en incendios en casos particulares.

Por otro lado, para el caso de circuitos de iluminación o energía, es posible identificar un problema a través de la variación de voltaje que se produzca dentro del mismo. De la misma

manera, tanto los paneles de control como la computadora central del Edificio BÔ pueden ser programados para interrumpir el flujo de energía según las variaciones voltaicas de cada circuito cerrado. Aunque esta función es similar a la función de un Breaker de cajas térmicas convencionales, en el sistema inteligente planteado se puede detectar la razón de la alteración o fallo eléctrico y alertar de manera inmediata a los usuarios.

5.1.3 Sistemas hidrosanitarios

Los edificios son los lugares en donde se consumen cantidades considerables de agua y en los que se puede conseguir un ahorro considerable del servicio. En el futuro se pronostica que el uso del agua en los edificios aumente debido una mayor urbanización, el aumento del nivel de vida y el crecimiento del sector de servicios en varias economías. Debido a esto, ha nacido la necesidad de crear soluciones vinculadas a la mejora de la eficiencia en el uso del agua en edificaciones. (Freitas & Cardoso, 2017)

Las edificaciones inteligentes se enfocan en la eficiencia y ahorro en costos de operación de los diseños hidráulicos como de uno de sus enfoques principales. A continuación, se presentará una propuesta integral que muestra alternativas a los sistemas hidráulicos implementados en el Edificio BÔ.

5.1.3.1 Distribución de agua caliente

El uso de agua caliente puede representar la mayor parte del consumo energético de un edificio, ya sea la fuente de calefacción de agua: solar, eléctrica o de gas. Factores como mayores distancias de recorrido de tuberías lleva a mayores tiempos de espera, pérdidas térmicas y grandes desperdicios de agua. Sólo el 35% del total de la energía introducida en un sistema central de agua caliente sanitaria acaba convirtiéndose en agua caliente utilizable. Las principales pérdidas de energía se producen en el sistema de distribución y recirculación de agua caliente de un edificio. (Freitas & Cardoso, 2017)

La mayoría de los edificios utilizan un sistema centralizado de agua caliente que requiere un sistema de recirculación de agua para proporcionar agua caliente en todo momento al edificio. Anteriormente, la industria del calentamiento del agua se centró en aumentar la eficiencia de los calentadores de agua. La eficiencia global del sistema, incluidos los accesorios y las tuberías, no eran la principal preocupación, por lo que el sistema de distribución y recirculación, se

perfeccionaron posteriormente. Aun con la mejora en la calidad de tuberías y las instalaciones utilizadas actualmente, el sistema de distribución sigue siendo el responsable de la mayor parte de las pérdidas de energía en un edificio. (Freitas & Cardoso, 2017)

Una propuesta en edificaciones inteligentes consiste en utilizar un sistema de control inteligente del agua caliente automático a partir de los datos de IoT. Este método permite que el control del sistema de calefacción de agua caliente adapte los tiempos de calefacción a los datos recogidos del comportamiento del usuario y esto conduce a un ahorro de energía. El uso de los conceptos de IoT reduce el consumo de agua, aumentando al mismo tiempo la eficiencia del sistema de calentamiento de agua y el confort para los usuarios. (Freitas & Cardoso, 2017)

El sistema consiste en un servidor en la nube que ejecuta una IP PBX y un servidor web que se conecta mediante una aplicación móvil. Se incluye un router inalámbrico para la conexión a Internet en la parte superior del edificio (cerca del sistema de calefacción) y un relé TCP/IP para accionar el motor de la bomba de recirculación. Se utiliza un temporizador programable para establecer los periodos del día en los que es más probable que se utilice el agua caliente. Fuera de estos períodos los usuarios pueden activar la recirculación mediante una llamada telefónica a un IVR⁶, o a través de una aplicación móvil. En la Figura 25 se puede observar esquema del sistema propuesto de recirculación de agua caliente para el Edificio BO. (Freitas & Cardoso, 2017)

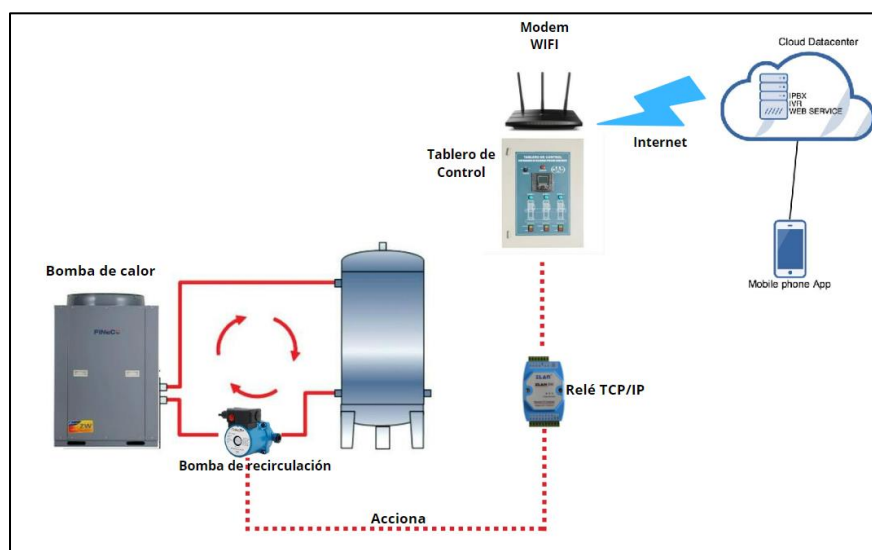


Figura 25. Sistema de recirculación de agua caliente. Fuente: Elaboración propia

⁶ Interactive voice response

5.1.3.2 Distribución de agua fría

Los sistemas inteligentes de gestión del agua incluyen el control en tiempo real de los niveles de agua, la identificación de fugas en los sistemas de distribución y el control y mantenimiento de la calidad del agua. Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) desempeñan un papel fundamental en la gestión inteligente del agua. La gestión inteligente del agua puede maximizar el bienestar social y económico mediante la integración de los productos de las TIC y puede utilizarse eficazmente para la supervisión continua, la búsqueda de anomalías y los datos pueden utilizarse para optimizar la red de distribución de agua. (Shahanas, 2016)

Dentro de los sistemas de agua fría se puede implementar una serie de detectores de fugas de agua por toda la edificación para la identificación de posibles fugas. Los detectores por implementarse son detectores de inundación, colocados sobre las tuberías de agua, los cuales detectan la presencia de agua a una altura determinada y advierte al sistema central para provocar un corte en el suministro. El corte del suministro se realiza por medio de electroválvulas colocadas sobre las tuberías de agua y de manera estratégica a lo largo de las plantas del edificio. El sistema central del edificio cerrará las electroválvulas de las tuberías afectadas en caso de alerta de fugas. (Miralles, 2006)

Como propuesta integral, se plantea colocar el sistema LEAKFILM de la marca Honeywell para la detección de fugas de agua en el Edificio BÔ. El sistema consta de una serie de sensores flexibles los cuales se pueden colocar sobre las tuberías de agua. Los sensores se conectan a una serie de controladores capaces de detectar y notificar al sistema central del edificio dónde se encuentran las fugas y de esta manera poder accionar las electroválvulas correspondientes. En la Figura 26 se muestra un esquema de funcionamiento del sistema LEAKFILM. Cabe destacar que cada sensor estará emparejado a una única electroválvula y solo esta se accionará en el caso de existir alguna fuga de agua.

La instalación de sensores y electroválvulas será próxima a las válvulas de compuerta que se encuentran instaladas a lo largo de la red de tuberías de agua potable del Edificio BÔ, ya que estas cubren zonas susceptibles a fugas, como lo son baños, cocinas y cuartos de lavado.

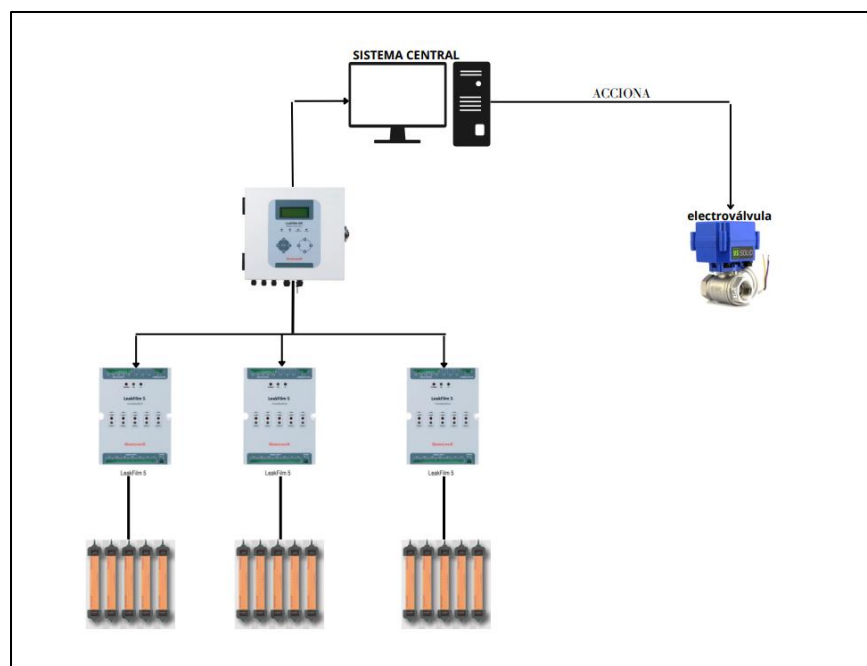


Figura 26. Esquema sistema LEAKFILM. Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la recopilación de datos de la red de agua potable se obtiene a partir de multisondas de detección inalámbricas integradas que se despliegan en la red de distribución de agua, lo que permite el muestreo y la transmisión de datos relevantes como la hidráulica (presión, caudal), la acústica (hidrófono) y la calidad del agua (pH, ORP y conductividad) en tiempo real. (Intosh, 2014)



Figura 27. Sensor multiparámetro. (Intosh, 2014)

5.1.3.3 Uso de aguas lluvias

El aprovechamiento de agua lluvia en las edificaciones es una práctica de fácil implementación, que permite disminuir los consumos de agua potable y los costos que implican dichos consumos, además de que representa una opción sostenible y es ambiental y económicamente favorable sobre el aumento de la oferta de agua para satisfacer la demanda.

El uso de agua lluvias consiste en utilizar el agua de precipitación que cae sobre las cubiertas del edificio la cual es conducida por canales y tuberías hacia un tanque de almacenamiento, para posteriormente ser utilizada para riego, lavado, en sanitarios y orinales. Esto se complementa con procesos de tratamiento para el mejoramiento de la calidad del agua. Un sistema básico de captación de aguas lluvias se compone por captación, recolección y conducción, y almacenamiento del agua lluvia. (Reyes & Rubio, 2014)

Existen diferentes configuraciones de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia de cubierta, de acuerdo con las condiciones propias del proyecto y al uso de la edificación. Los sistemas sencillos de captación de aguas lluvias consiste en conducir el agua a los puntos bajos de la edificación para ser almacenada o aprovechada de manera directa. Sistemas más complejos captan, tratan, almacenan y distribuyen el agua lluvia para ser aprovechada en la mayoría de las necesidades de los habitantes de la edificación. (Reyes & Rubio, 2014)

El sistema a implementar consta de tres partes:

- Área de captación: corresponde a zonas descubiertas del proyecto como son las cubiertas del edificio. El área de captación depende de factores como: las precipitaciones anuales, el tipo de cubierta, la pendiente de esta y de los acabados del área de cubierta. Además, se debe cuidar que las superficies estén protegidas de contaminaciones orgánicas. (Reyes & Rubio, 2014)
- Canales principales, bajantes y colectores: es la infraestructura que permite la conducción y distribución de agua. Sus cálculos no difieren de los realizados para un proyecto sin aprovechamiento de aguas lluvias.
- Tanque de almacenamiento o embalse: lugar donde se acumula el agua obtenida por la captación. Su dimensionamiento depende del agua captada, almacenada y utilizada en la

edificación. Por último, su ubicación debe ser tal que este a menor nivel que el área de captación. (Reyes & Rubio, 2014)

a. Criterios de diseño para recolección de aguas lluvias

La red de desagüe de aguas lluvias de un edificio tiene como función evacuar las aguas de precipitaciones provenientes de cubiertas, azoteas y patios. La red de aguas lluvias se diseña para evacuar todo el caudal de la precipitación instantánea, debido a que las áreas de recolección son relativamente pequeñas y se trata de superficies impermeables. (Carmona, 2010)

El dimensionamiento de la red de aguas lluvias depende principalmente de la intensidad de lluvia, el área de drenaje y la pendiente de la tubería de desagüe. Comúnmente se utiliza para el diseño de una red de aguas lluvias una intensidad de 100mm/h. y una pendiente del 2%.

El diseño y dimensionamiento de colectores o derivaciones horizontales se realiza según la Tabla 5.5.

Tabla 5.5.

Diámetro de colectores horizontales de aguas lluvias

Tamaño del tubo en mm. Con pendiente	Cantidad de lluvia				
	50	75	100	125	150 mm./h.
	mm./h	mm./h.	mm./h.	mm./h	
Area de drenaje en M2					
1%					
75	152.7	101.8	76.4	61	50.9
110	349.3	232.8	174.7	139.7	116.4
124	620.6	413.7	310.3	248.2	206.9
150	994	662.7	497	397.6	331.3
200	2136.7	1424.2	1068.4	854.7	706
250	3846.1	2564	1923	1540.3	1282
300	6187.1	4124.8	3093.6	2475.8	2062.4
350	10126.1	6763.1	5527.6	4422	3683.5
con pendiente	Cantidad de lluvia				
	50	75	100	125	150 mm./h.
2%	mm./h	mm./h.	mm./h.	mm./h	
75	215.5	143.6	107.8	86.2	71.8
110	492.4	328.2	246.2	197	164.1

124	877	584.1	438.5	350.8	292.3
150	1402.8	935.1	701.4	561.1	467.6
200	3028.5	2019	1514.3	1211.4	1009.5
250	5425.4	3618.5	2712.7	2169.2	1806.9
300	8732.6	5815.5	4366.3	3493	2912.4
350	15607.2	10404.8	7803.6	6247.5	5202.4

con pendiente 4%	Cantidad de lluvia				
	50 mm./h	75 mm./h.	100 mm./h.	125 mm./h	150 mm./h.
75	305.5	213.2	152.7	121.7	101.8
110	698.6	465.4	349.3	279.6	232.3
124	1241.1	826.8	620.6	494.2	413.4
150	1988.1	1272.3	994	797.1	663.3
200	4274.4	2847.4	2136.7	1709.4	1423.2
250	7692.1	5128.1	3846.1	3079.6	2564
300	12374.3	8249.5	6187.1	4942.3	4124.8
350	22110.2	14752.5	11055.1	8853.4	7362.3

Mientras tanto el diseño de bajantes de aguas lluvias se realiza según la Tabla 5.6

Tabla 5.6.

Diámetro de bajante de aguas lluvias

Cantidad de lluvia en mm./h.	Tamaño del bajante en mm.					
	50	75	110	125	160	200
	Area horizontal de cubierta en M2					
25	267.6	817.5	1709.4	3214.3	5016.6	10776.6
50	133.8	408.8	854.7	1607.2	2508.3	5388.2
75	89.2	272.2	569.5	1071.1	1671.7	3591.5
100	66.9	204.4	427.3	803.6	1254.2	2694.1
125	53.4	163.5	341.8	642.9	1003.3	2155.3
150	44.6	136.6	285.2	535.6	836.1	1794.4
175	38.1	117.1	244.3	459.4	716.7	1539.4
200	33.4	102.2	213.7	401.8	627.1	1347.1
225	29.7	91	190	357.2	557.4	1197.5
250	26.9	81.8	170.9	321.4	501.7	1077.6
280	24.2	74.3	155.6	292.2	456.1	979.6
300	22.3	67.8	142.1	267.6	418.1	897.4

- b. Detalle de diseño de colectores horizontales y bajantes para la propuesta de diseño de una red de recolección de aguas lluvias para el Edificio BÔ

La red de recolección de aguas lluvias a diseñar contemplará el agua lluvia proveniente de las terrazas y balcones de cada uno de los pisos del Edificio BÔ. El diseño de la red de aguas lluvias estará compuesto de 2 bajantes independientes con sus respectivas derivaciones o colectores. Las aguas lluvias descenderán posteriormente en una sola bajante desde la planta baja hasta el subsuelo 2 del edificio, donde se descargarán en la cisterna destinada para el almacenamiento de aguas lluvias y aguas grises tratadas. Con este sistema se pretende captar hasta un volumen de 1000 litros de aguas lluvias dentro de la cisterna.

A continuación, se presenta un esquema de cada una de las plantas del Edificio BÔ, detallando los respectivos tramos de los colectores horizontales y cada una de las bajantes del edificio.

➤ Sexto piso:

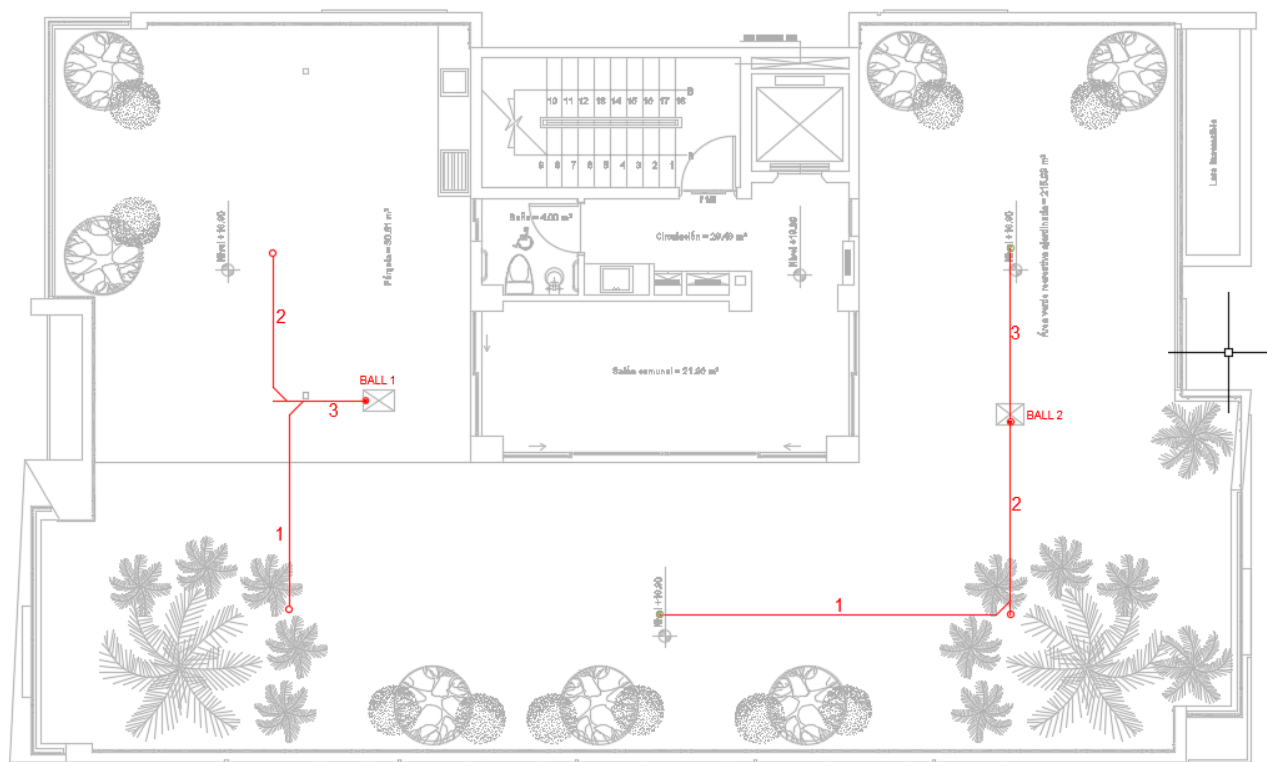


Figura 28. Detalle diseño colectores de aguas lluvias. Sexto Piso

En la Tabla 5.7 se detallan cada uno de los tramos para el diseño de colectores horizontales de aguas lluvias de la BALL#1 para el Sexto piso del Edificio BO.

Tabla 5.7.*Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#1, Terraza*

COLECTOR HORIZONTAL DE AGUA LLUVIAS, BALL#1			
TRAMO 1	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m2)	49
		i(%)	2
		Φ (mm)	75
TRAMO 2	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m2)	52
		i(%)	2
		Φ (mm)	75
TRAMO 3	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m2)	101
		i(%)	2
		Φ (mm)	75

En la Tabla 5.8 se detallan cada uno de los tramos para el diseño de colectores horizontales de aguas lluvias de la BALL#2 para el sexto piso del Edificio BO.

Tabla 5.8.*Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#2, Terraza*

COLECTOR HORIZONTAL DE AGUA LLUVIAS, BALL#2			
TRAMO 1	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m2)	38
		i(%)	2
		Φ (mm)	75
TRAMO 2	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m2)	82
		i(%)	2
		Φ (mm)	75
TRAMO 3	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m2)	41
		i(%)	2
		Φ (mm)	75

➤ Quinto piso:

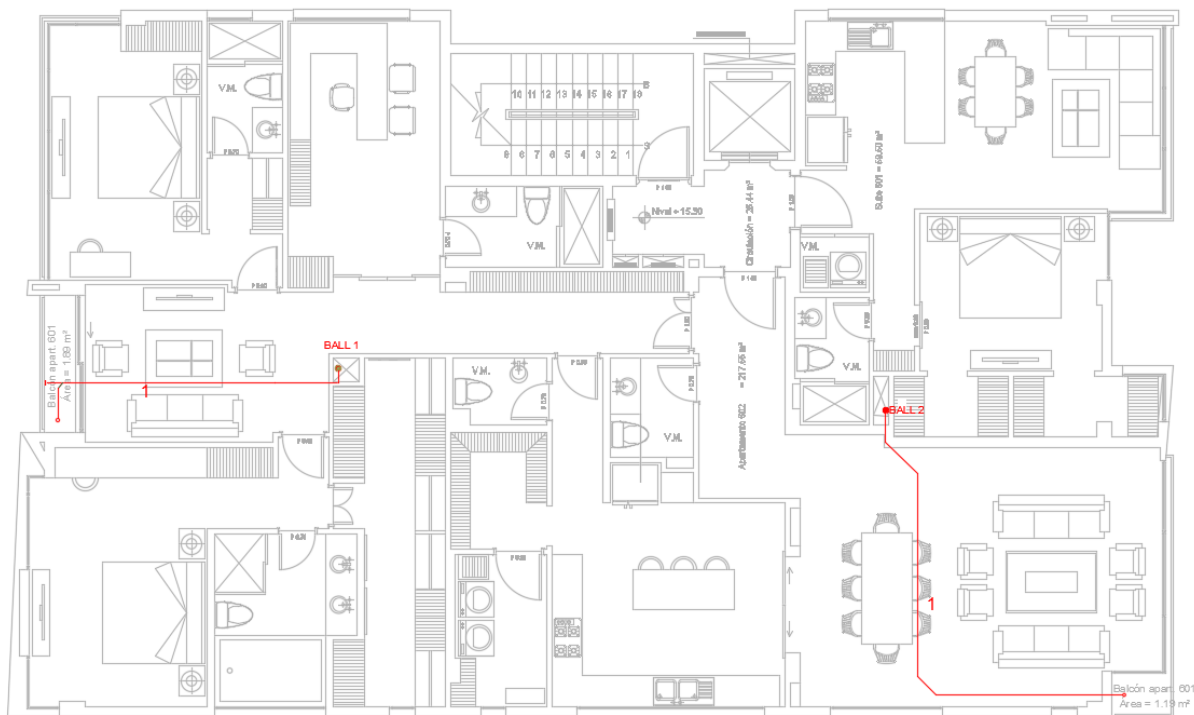


Figura 29. Detalle diseño colectores de aguas lluvias. Quinto Piso

En la Tabla 5.9 se detallan cada uno de los tramos para el diseño de colectores horizontales de aguas lluvias de la BALL#1 para el quinto piso del Edificio BO.

Tabla 5.9.

Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#1, Quinta Planta

COLECTOR HORIZONTAL DE AGUA LLUVIAS, BALL#1			
TRAMO 1	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m2)	1.89
		i(%)	2
		Φ (mm)	75

En la Tabla 5.10 se detallan cada uno de los tramos para el diseño de colectores horizontales de aguas lluvias de la BALL#2 para el Quinto piso del Edificio BO.

Tabla 5.10.

Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#2, Quinta Planta

COLECTOR HORIZONTAL DE AGUA LLUVIAS, BALL#2			
TRAMO 1	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m ²)	1.19
		i(%)	2
		Φ (mm)	75

➤ Cuarto piso:

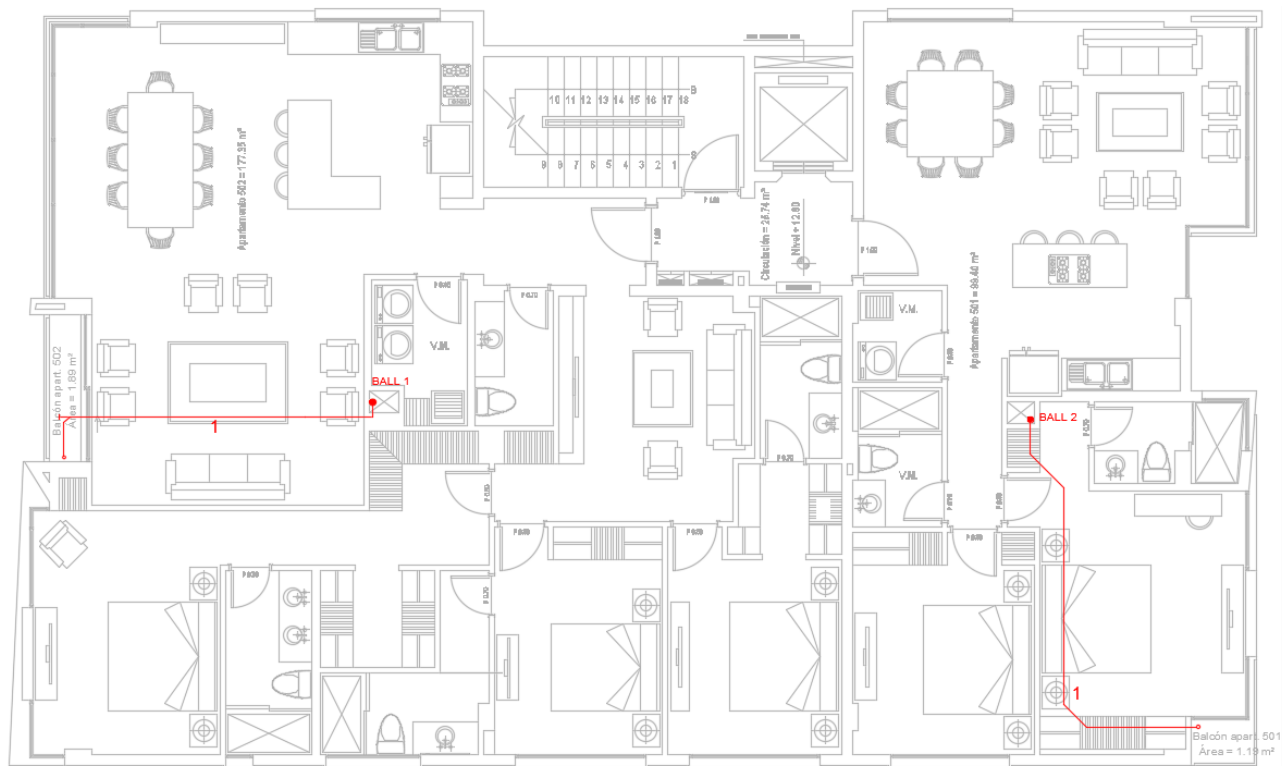


Figura 30. Detalle diseño colectores de aguas lluvias. Cuarto Piso

En la Tabla 5.11 se detallan cada uno de los tramos para el diseño de colectores horizontales de aguas lluvias de la BALL#1 para el cuarto piso del Edificio BO.

Tabla 5.11.*Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#1, Cuarta Planta*

COLECTOR HORIZONTAL DE AGUA LLUVIAS, BALL#1			
TRAMO 1	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m ²)	1.89
		i(%)	2
		Φ (mm)	75

En la Tabla 5.12 se detallan cada uno de los tramos para el diseño de colectores horizontales de aguas lluvias de la BALL#2 para el cuarto piso del Edificio BO.

Tabla 5.12.*Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#2, Cuarta Planta*

COLECTOR HORIZONTAL DE AGUA LLUVIAS, BALL#2			
TRAMO 1	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m ²)	1.19
		i(%)	2
		Φ (mm)	75

➤ Tercer piso:

En la Tabla 5.13 se detallan cada uno de los tramos para el diseño de colectores horizontales de aguas lluvias de la BALL#1 para el tercer piso del Edificio BO.

Tabla 5.13.*Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#1, Tercera Planta*

COLECTOR HORIZONTAL DE AGUA LLUVIAS, BALL#1			
TRAMO 1	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m ²)	1.89
		i(%)	2
		Φ (mm)	75

En la Tabla 5.14 se detallan cada uno de los tramos para el diseño de colectores horizontales de aguas lluvias de la BALL#2 para el tercer piso del Edificio BO.

Tabla 5.14.
Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#2, Tercera Planta

COLECTOR HORIZONTAL DE AGUA LLUVIAS, BALL#2			
TRAMO 1	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m2)	1.19
		i(%)	2
		Φ (mm)	75

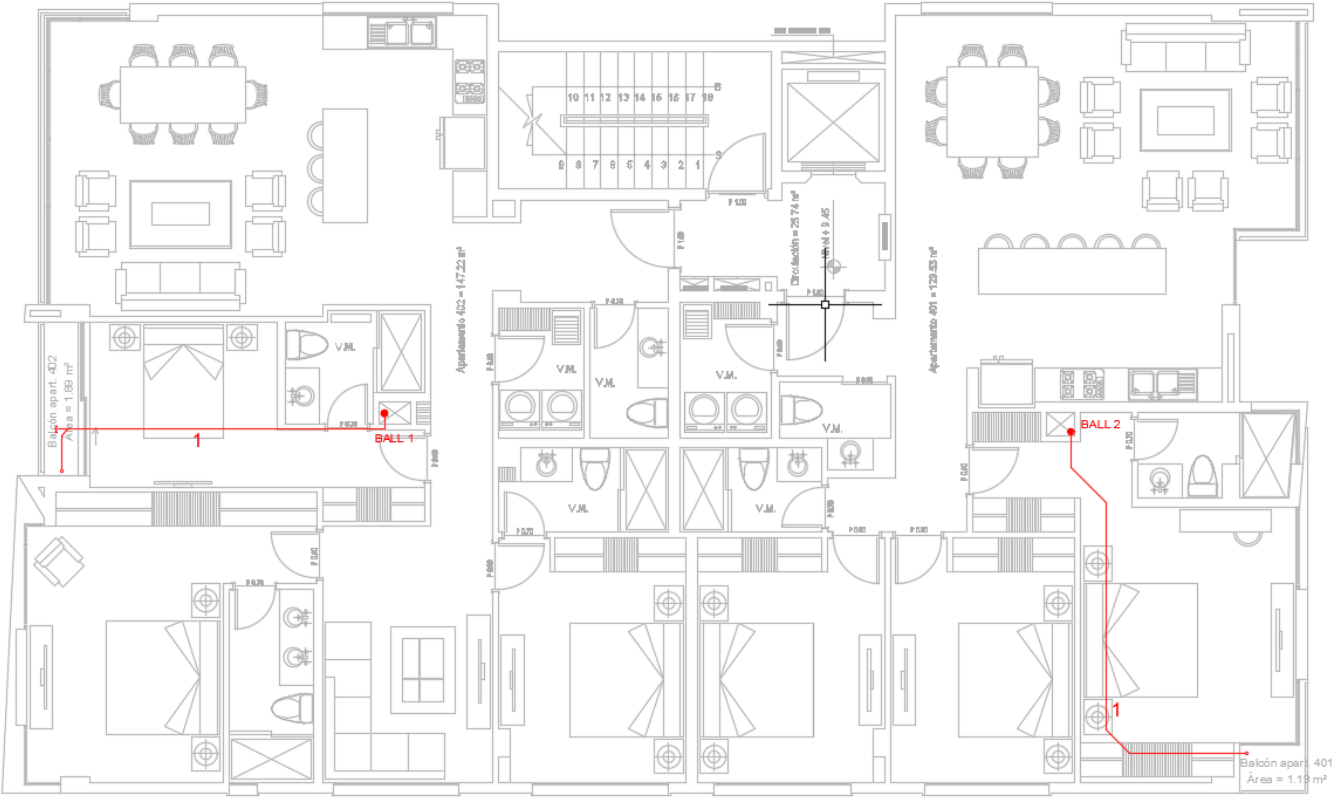


Figura 31. Detalle diseño colectores de aguas lluvias. Tercer Piso

➤ Segundo piso:

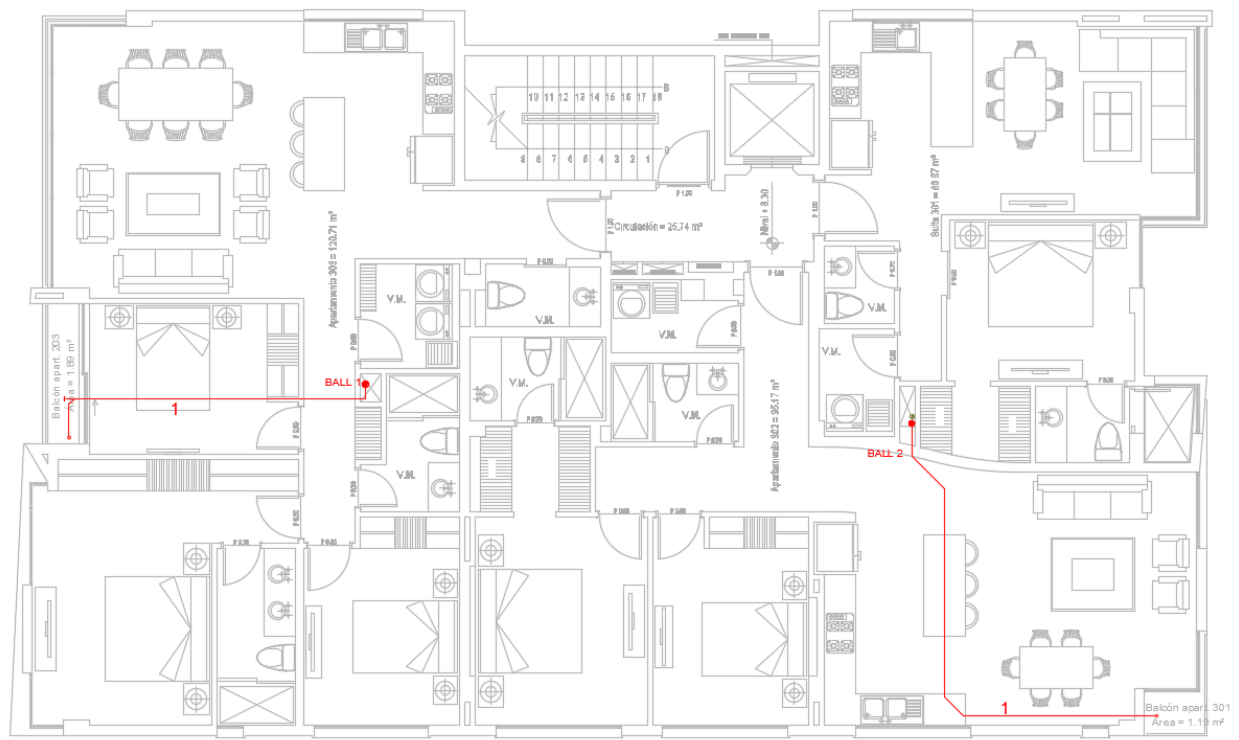


Figura 32. Detalle diseño colectores de aguas lluvias. Segundo Piso

En la Tabla 5.15 se detallan cada uno de los tramos para el diseño de colectores horizontales de aguas lluvias de la BALL#1 para el segundo piso del Edificio BO.

Tabla 5.15.

Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#1, Segunda Planta

COLECTOR HORIZONTAL DE AGUA LLUVIAS, BALL#1			
TRAMO 1	DATOS	I(mm/h)	100
	A(m2)		1.89
	i(%)		2
	Φ (mm)		75

En la Tabla 5.16 se detallan cada uno de los tramos para el diseño de colectores horizontales de aguas lluvias de la BALL#2 para el segundo piso del Edificio BO.

Tabla 5.16.

Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#2, Segunda Planta

COLECTOR HORIZONTAL DE AGUA LLUVIAS, BALL#2			
TRAMO 1	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m2)	1.19
		i(%)	2
		Φ (mm)	75

➤ Primer piso:

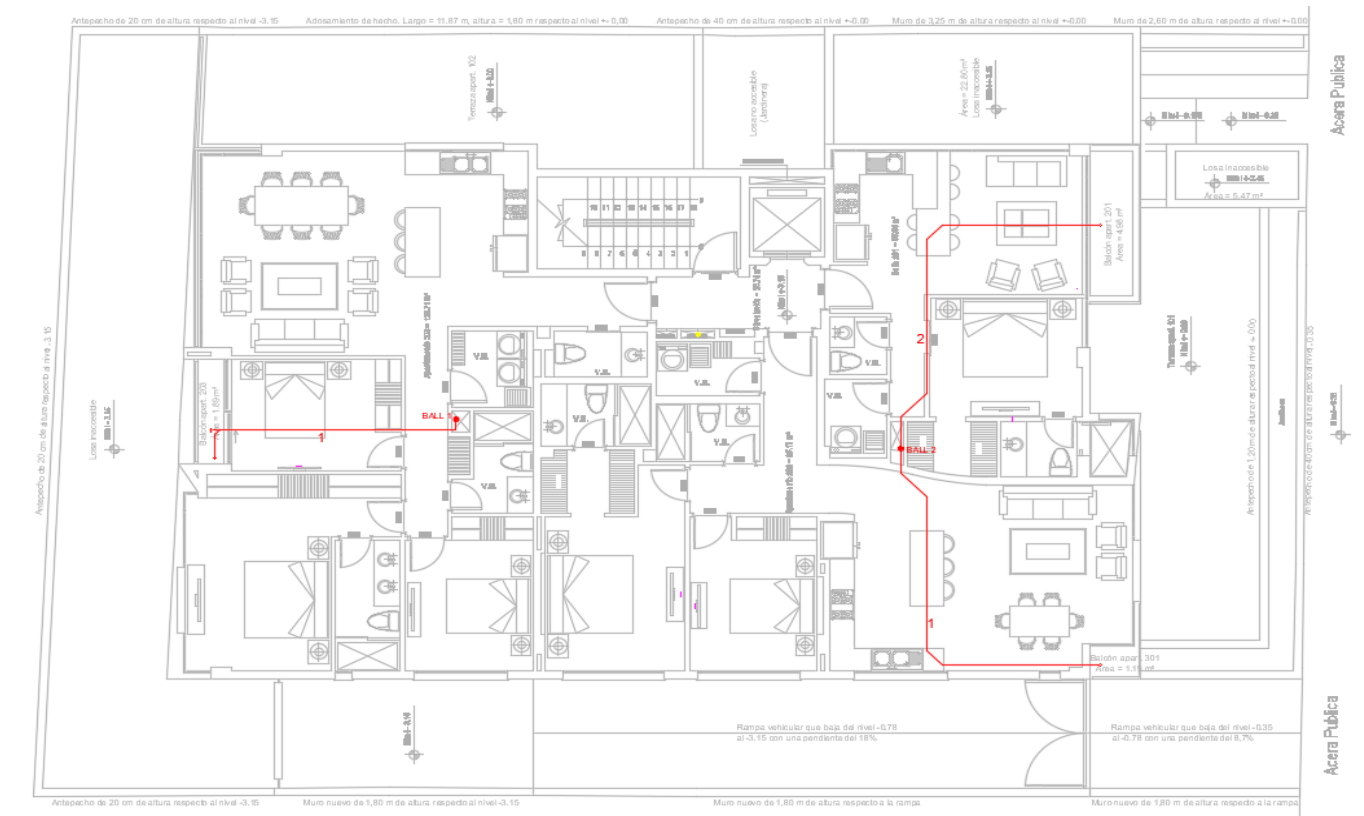


Figura 33. Detalle diseño colectores de aguas lluvias. Primer Piso

En la Tabla 5.17 se detallan cada uno de los tramos para el diseño de colectores horizontales de aguas lluvias de la BALL#1 para el primer piso del Edificio BO.

Tabla 5.17.*Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#1, Primera Planta*

COLECTOR HORIZONTAL DE AGUA LLUVIAS, BALL#1			
TRAMO 1	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m2)	1.89
		i(%)	2
		Φ (mm)	75

En la Tabla 5.18 se detallan cada uno de los tramos para el diseño de colectores horizontales de aguas lluvias de la BALL#2 para el primer piso del Edificio BO.

Tabla 5.18.*Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#1, Primera Planta*

COLECTOR HORIZONTAL DE AGUA LLUVIAS, BALL#2			
TRAMO 1	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m2)	1.19
		i(%)	2
		Φ (mm)	75
TRAMO 2	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m2)	4.98
		i(%)	2
		Φ (mm)	75

➤ Planta baja:

En la Tabla 5.19 se detallan cada uno de los tramos para el diseño de colectores horizontales de aguas lluvias de la BALL#1 para la planta baja del Edificio BO.

Tabla 5.19.*Detalle colector horizontal de agua lluvias, BALL#2, Planta Baja*

COLECTOR HORIZONTAL DE AGUA LLUVIAS, BALL#2			
TRAMO 1	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m2)	24.3
		i(%)	2

TRAMO 2		Φ (mm)	75
	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m2)	38.7
		i(%)	2
		Φ (mm)	75
TRAMO 3		I(mm/h)	100
	DATOS	A(m2)	27.7
		i(%)	2
		Φ (mm)	75
		I(mm/h)	100
TRAMO 4		A(m2)	66.4
		i(%)	2
		Φ (mm)	75
	DATOS		

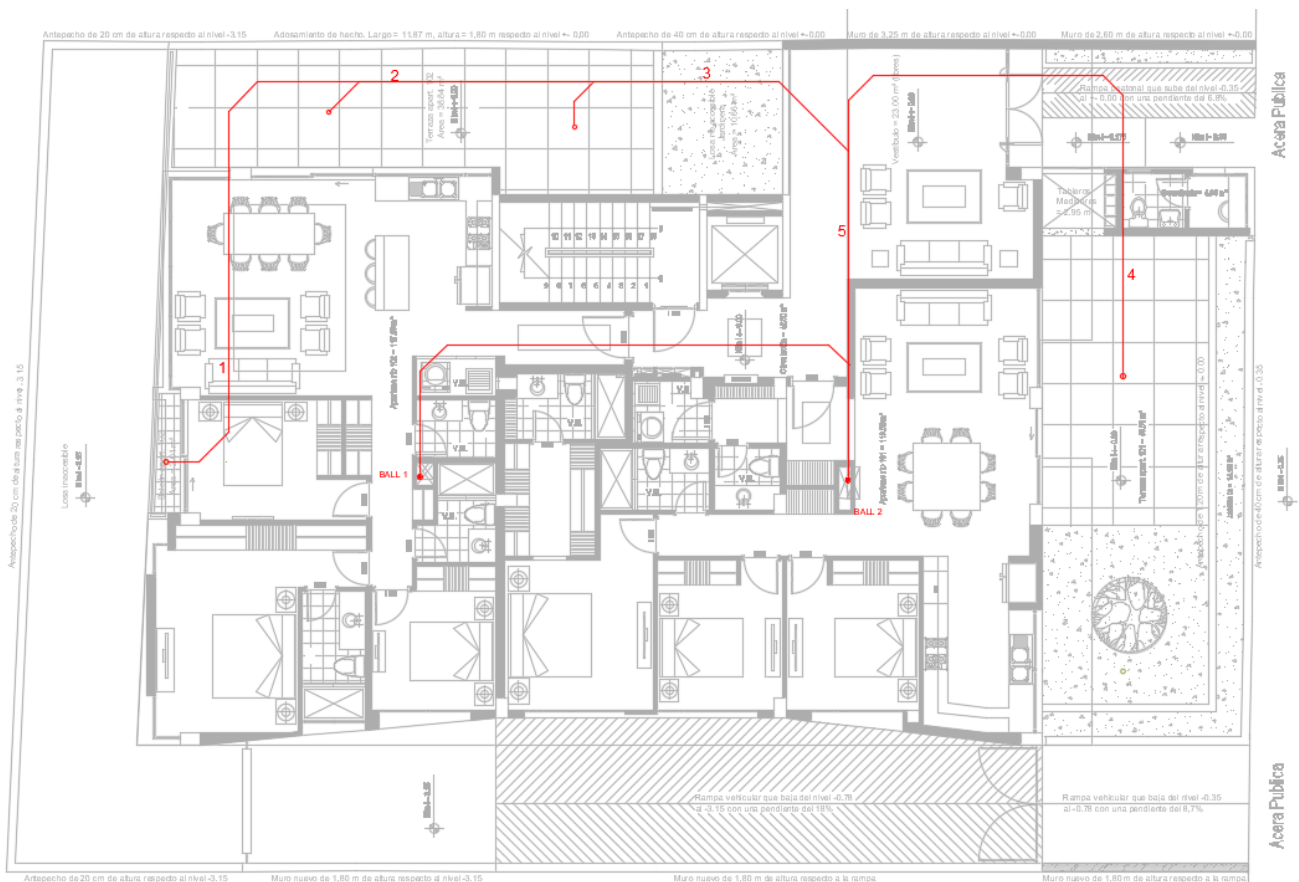


Figura 34. Detalle diseño colectores de aguas lluvias. Planta Baja

Las bajantes se diseñan según el área horizontal de cubierta que van a servir. La bajante de aguas lluvias #1 sirve un área de 101 m² y se diseña según la Tabla 5.20. De esta manera se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 5.20.

Detalle bajante de agua lluvias, BALL#1

BAJANTE DE AGUA LLUVIAS, BALL#1			
Bajante	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m ²)	101
		Φ (mm)	75

Mientras que la bajante de aguas lluvias #2 sirve a un área de cubierta de 123 m² y se diseña según la tabla 5.21. De esta manera se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 5.21.

Detalle bajante de agua lluvias, BALL#2

BAJANTE DE AGUA LLUVIAS, BALL#2			
Bajante	DATOS	I(mm/h)	100
		A(m ²)	123
		Φ (mm)	75

5.1.3.4 Diseño de red de reciclaje de agua jabonosas y grises

Las aguas grises son aguas provenientes de las lavadoras, duchas, tinas; que tuvieron un uso ligero, que pueden contener jabón, cabello, suciedad o bacterias. Las aguas grises representan la mayor fuente potencial de ahorro de agua en las viviendas, representan entre el 50 y 80 % del uso total de agua. (Romero, 2019)

Las aguas grises pueden contener partículas de alimentos, aceite, grasa, cabello, agentes patógenos, jabones, detergentes, champús, dentífricos, cremas de afeitar, detergentes, aceites corporales, cosméticos, restos de arena y otros productos químicos; además pueden contener diferentes metales y sustancias peligrosas. (Romero, 2019)

Tabla 5.22.*Características de las aguas grises*

Origen	Características
Lavavajillas	- Altamente contaminada con partículas de comida, aceites y grasa - Cantidades variables de coliformes - Generalmente presenta mayor cantidad de Total de sólidos en suspensión (SST) que las aguas servidas - Crecimiento de microorganismos - Contiene detergentes, blanqueadores y espumas - Alta demanda de oxígeno - Usualmente se considera como agua negra
Ducha, tina y lavamanos	- Generalmente corresponde al agua menos contaminada (aguas grises claras) - Ducha y tina presentan coliformes - Puede contener orina, que es estéril en personas sanas, no obstante, algunas infecciones en la vejiga pueden hacer que exista presencia de microorganismos, el potencial de estos para sobrevivir y causar infecciones es considerado remoto. - Contiene pelos y productos de limpieza como jabón, shampoo y pasta de dientes. - Baja demanda de oxígeno
Lavadora	- Contiene coliformes - Contiene detergentes - Alto pH - Alta salinidad - Alta cantidad de sólidos suspendidos (pelusas), alta turbiedad

Fuente (Romero, 2019)

El tratamiento de aguas grises de una edificación depende de la cantidad de agua tratada. Con el fin de poder tratar las aguas grises es necesario que la edificación posea dos sistemas hidráulicos independientes; uno para la captación y tratamiento de aguas grises procedente de lavabos, duchas y baños y otro sistema para el resto de los desagües de la edificación. Debido a esto, la mejor opción para optimizar la amortización del sistema hidráulico es planificar la inclusión de un sistema de aguas grises cuando se está planificando la construcción de la edificación. (Espinal, Ocampo, & Rojas, 2014)

Las aguas grises son recogidas y enviadas a un sistema de tratamiento, pasando por una serie de filtros y procedimientos, que permitirán purificar estas aguas. El agua tratada puede ser utilizada para múltiples usos en donde no resulte imprescindible la utilización de agua potable, como beber, cocinar, tomar una ducha o lavar. (Espinal, Ocampo, & Rojas, 2014)

El sistema de reciclaje de aguas grises se compone de las siguientes etapas:

1. Etapa de pre-recolección: en la cual se recoge el agua y se la conduce por tubería hacia un tanque de recolección. (Espinal, Ocampo, & Rojas, 2014)
2. Etapa de almacenamiento de aguas grises y distribución: esta es la parte en la cual se almacenan las aguas grises pre recolectadas, y se le da una salida para distribuir el agua hacia la etapa de filtrado. (Espinal, Ocampo, & Rojas, 2014)
3. Etapa de filtrado: El proceso en el cual el agua circula por filtros de ciertas características, logrando agua para uso externo y no de consumo. (Espinal, Ocampo, & Rojas, 2014)
4. Etapa de almacenamiento de agua reciclada: esta es la parte en la cual se almacena el agua proveniente de la etapa de filtrado, se le da una salida para utilizar el agua hacia donde se le requiera. (Espinal, Ocampo, & Rojas, 2014)

El sistema reciclador de agua consta de varios componentes tales como:

- Pre-recolector de aguas grises: pre-recolector en forma de L, el cual filtra partículas de gran tamaño para evitar obstrucciones en el sistema y obtener un correcto funcionamiento.
- Bomba eléctrica de agua: se utiliza para para impulsar el líquido desde el tanque de almacenamiento de aguas grises y de pre-recolección para garantizar el transporte constante del líquido cada vez que el sistema lo requiera.
- Filtrador

- Filtro de arena: este tipo de filtros retienen sustancias orgánicas, acumulando grandes cantidades de contaminantes antes de que sea necesaria su limpieza. La filtración se lleva a cabo haciendo pasar el líquido a través de un lecho de arena de graduación especial. Los filtros de arena a presión eliminan las partículas finas y la materia coloidal coagulada previamente. Las partículas atrapadas en el lecho se desalojan fácilmente invirtiendo el flujo a través de la unidad. (Espinal, Ocampo, & Rojas, 2014)
- Filtro carbón: funciona de la misma manera que el filtro de arena, pero su diferencia radica en los elementos filtrantes y su finalidad. El carbón activado permite remover cloro, sabores, olores y demás químicos orgánicos del agua. (Espinal, Ocampo, & Rojas, 2014)

Para el propósito del presente estudio, se tomará en cuenta un diseño de sistema de recolección de aguas grises que contemplará únicamente aguas grises recolectadas de duchas y lavamanos de cada uno de los departamentos que componen el edificio y se excluirán las aguas procedentes de cocinas, bidets, inodoros, lavadoras y lavavajillas debido al elevado número de agentes patógenos y/o restos fecales.

a. Criterios de diseño para recolección (red de desagüé) de aguas grises

Las redes de desagüé de un edificio tienen como función evacuar de manera segura y rápida los residuos que se generan del uso de inodoros, lavabos, duchas, entre otros aparatos sanitarios; producto de las actividades fisiológicas humanas.

Toda red de desagüé debe cumplir con normas generales de diseño para asegurar que la evacuación de aguas residuales se realice en las mejores condiciones. Las redes de desagüe deben funcionar a flujo libre y su trazado debe ser lo más sencillo posible para asegurar una circulación natural por gravedad de las evacuaciones. Adicionalmente las redes de evacuación deben evitar los cambios bruscos de dirección y tener distancias y pendientes que faciliten la evacuación de las aguas residuales. Por último, los diámetros de las tuberías de la red deben ser del tamaño adecuado para transportar las descargas en condiciones seguras. (Vivienda, 2006)

Para fines de diseño de una red de desagüe de aguas grises, es necesario tomar en cuenta el uso que se va a dar a dichas instalaciones, lo cual dependerá del tipo de casa o edificio a prestar servicio. Se pueden clasificar las instalaciones sanitarias en 2 tipos o clases:

- Primera clase: instalaciones en viviendas o edificios destinados a vivienda
- Segunda clase: Edificios destinados a servicios públicos

Para el cálculo de la red de desagüe de aguas grises del edificio es necesario definir el concepto de unidad de descarga, ya que esta será la unidad de referencia para estimar las descargas de todos los aparatos sanitarios que evacuen en la red. La unidad de descarga se define como la descarga de agua residual correspondiente a un lavabo común de uso doméstico y que corresponde a un caudal de 28 litros por minuto. (Harper, 2004)

En la estructura de una red de desagüe de aguas grises se puede distinguir entre derivaciones y columnas o bajantes. Las derivaciones son aquellas que enlazan los aparatos sanitarios con las columnas o bajantes del edificio. Estas se clasifican en derivaciones simples y derivaciones en colector. Las primeras son las derivaciones que sirven a un solo aparato y el diámetro de la tubería depende del tipo de aparato a servir, tal como se muestra en la Tabla 5.23. Las derivaciones en colector sirven a varios aparatos sanitarios y se diseñan según la pendiente de la tubería y el número de aparatos servidos. (Soza, 2007)

Tabla 5.23.

Unidades de descarga y diámetro mínimo para derivaciones simples

CLASE DE APARATOS	UNIDADES DE DESCARGA		DIAMETRO MINIMO DE LA DERIVACION (mm)	
	CLASE		CLASE	
	1	2	1	2
Lavabo	1	2	50	50
Inodoro	4	6	75	75
Tina de Baño	3	4	50	50
Bidet	2	2	50	50
Un cuarto de baño completo (lavabo, inodoro, tina y bidet)	7	2	75	75
Ducha	2	3	50	50

Inodoro a la turca	2	8	50	75
Urinario suspendido	2	2	50	50
Urinario vertical	2	4	50	50
Fregadero en viviendas	3	4	50	50
Fregadero en restaurante (vajilla)	3	8	50	75
Fregadero en restaurante (alimentos)	3	6	50	50
Lavadero (ropas)	3	6	50	50
Lavadero (laboratorio)	2	6	50	50
Lavapies	2	6	50	50
Vertedero	8	6	110	50
Fuente de beber	1	1	50	50
Sumidero Corriente	3	3	50	50

Tabla 5.24.

Diámetro de derivaciones en colector en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada

Diametro de la derivación en colector, en mm.	MAXIMO NUMERO DE UNIDADES DE DESCARGA		
	Pendiente: 1/100	Pendiente: 2/100	Pendiente: 4/100
50	1	1	1
50	2	2	2
50	5	6	8
75	24	27	36
110	84	96	114
160	180	234	280
160	330	440	580
200	870	1150	1680
250	1740	2500	3600
300	3000	4200	6500
350	6000	8500	13500

El diseño de las bajantes se obtiene dependiendo del número de unidades de descarga que desaloje la columna y de la longitud de esta. El diámetro de las bajantes se obtiene en la Tabla 5.25 como el mayor de los valores obtenidos considerando el máximo número de unidades de descarga en la bajante y el máximo número de unidades de descarga en cada ramal en función del número de plantas.

Tabla 5.25.

Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número de UD

Máximo número de UD, para una altura de bajante de:		Máximo número de UD, en cada ramal para una altura de bajante de:		Diámetro (mm)
Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	
10	25	6	6	50
19	38	11	9	75
27	53	21	13	75
135	280	70	53	110
360	740	181	134	110
540	1100	280	200	160
1208	2240	1120	400	160
2200	3600	1680	600	200
3800	5600	2500	1000	250
6000	9240	4320	1650	315

- b. Detalle de diseño de derivaciones simples y en colector para la propuesta de diseño de una red de reciclaje de aguas jabonosas y grises para el Edificio BÔ

La red de desagüe a diseñar contemplará únicamente las descargas provenientes de duchas y lavamanos de cada uno de los departamentos del Edificio BÔ, como se expuso anteriormente. El diseño de la red de desagüe del Edificio BÔ estará compuesto de 3 bajantes independientes con sus respectivas derivaciones, las cuales recibirán las descargas de cada uno de los aparatos sanitarios partiendo desde el quinto piso hasta los aparatos sanitarios ubicados en la Planta Baja del edificio. Posteriormente las descargas descenderán en una sola bajante desde la planta baja hasta el subsuelo 2 del edificio, para proceder con el respectivo tratamiento de estas.

Como consideraciones para el diseño de derivaciones simples de la red de desagüe de aguas grises se debe tomar en cuenta que la edificación se clasifica como una de 1ra clase, por estar destinada a unidades de vivienda. Por otro lado, como consideración de diseño para las derivaciones en colector se plantea una pendiente de la tubería del 2%.

A continuación, se presenta un esquema de cada una de las plantas del Edificio BÔ, detallando los respectivos tramos de las derivaciones simples y en colector de cada una de las bajantes del edificio. Utilizando la Tabla 31, se asigna un número de unidades de descarga y un

diámetro de tubería a cada aparato sanitario según el número de bajante y utilizando la tabla 32, se asigna las unidades de descarga y el diámetro de diseño de cada uno de los tramos o derivaciones en colector para cada una de las bajantes.

➤ Quinto piso:

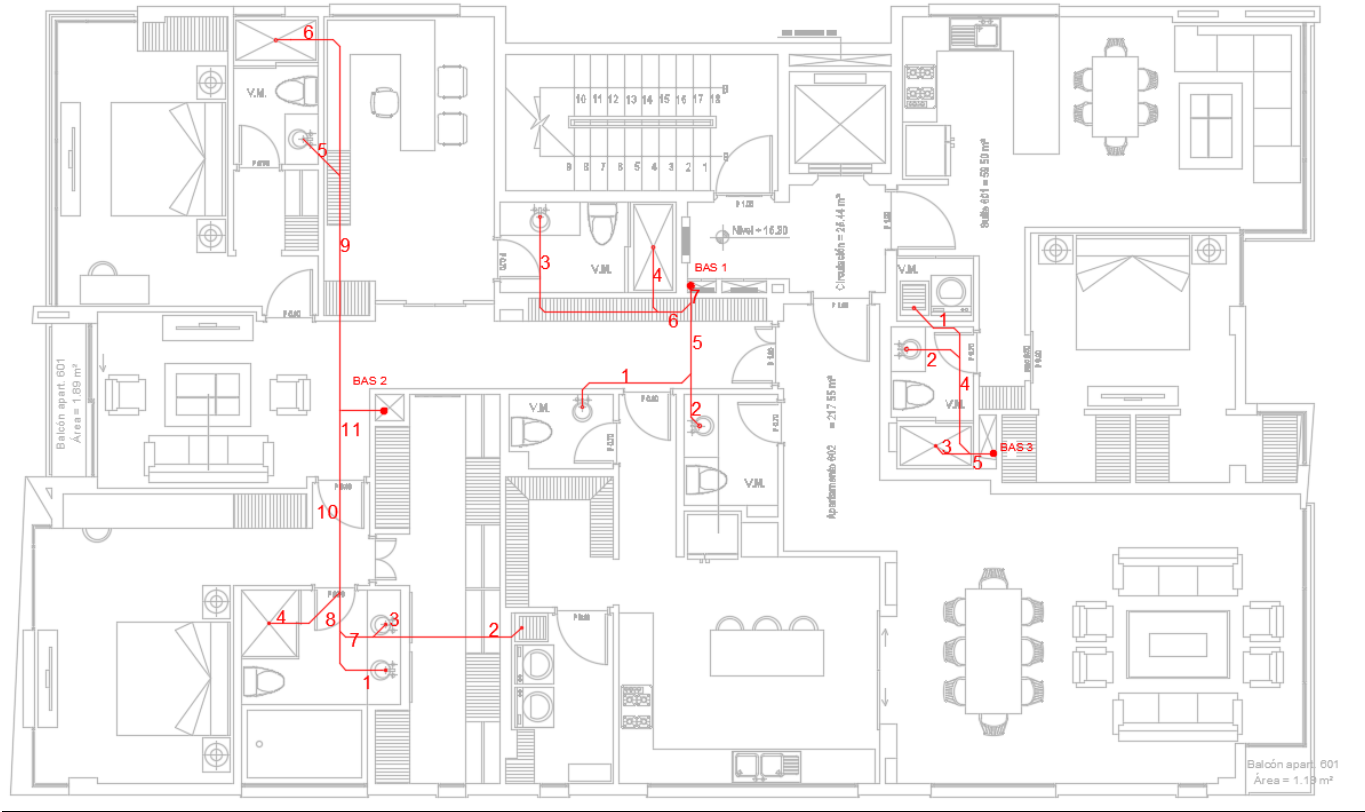


Figura 35. Detalle derivaciones simples y en colector de aguas grises. Quinto Piso

La Tabla 5.26 muestra de manera detallada el caudal unitario de cada una de las derivaciones simples de aguas servidas de la BAS#1 para la quinta planta del Edificio BO.

Tabla 5.26.

Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#1, Quinta Planta

DERIVACIONES SIMPLES BAS #1 - CLASE 1				
TRAMO	APARATO	CAUDAL U.D.	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1	Lavabo	1	50	50
2	Lavabo	1	50	50
3	Lavabo	1	50	50

4	Ducha	2	50	50
---	-------	---	----	----

La Tabla 5.27 muestra el detalle de las derivaciones en colector de aguas servidas de la BAS#1 para la quinta planta del Edificio BO. En esta se puede evidenciar el caudal que transporta cada derivación, la pendiente de la tubería y el diámetro de diseño para cada uno de los tramos.

Tabla 5.27.

Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#1, Quinta Planta

DERIVACION EN COLECTOR BAS#1					
Σ	TRAMO	CAUDAL U.D.	i%	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1+2	5	2	2	50	50
3+4	6	3	2	50	50
5+6	7	5	2	50	50
Σ		5			

La Tabla 5.28 muestra de manera detallada el caudal unitario de cada una de las derivaciones simples de aguas servidas de la BAS#2 para la quinta planta del Edificio BO.

Tabla 5.28.

Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#2, Quinta Planta

DERIVACIONES SIMPLES BAS #2 - CLASE 1				
TRAMO	APARATO	CAUDAL U.D.	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1	Lavabo	1	50	50
2	Lavadero	3	50	50
3	Lavabo	1	50	50
4	Ducha	2	50	50
5	Lavabo	1	50	50
6	Ducha	2	50	50

La Tabla 5.29 muestra el detalle de las derivaciones en colector de aguas servidas de la BAS#2 para la quinta planta del Edificio BO. En esta se puede evidenciar el caudal que transporta cada derivación, la pendiente de la tubería y el diámetro de diseño para cada uno de los tramos.

Tabla 5.29.*Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#2, Quinta Planta*

DERIVACION EN COLECTOR BAS#2					
Σ	TRAMO	CAUDAL U.D.	i%	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
2+3	7	4	2	50	50
1+7	8	5	2	50	50
5+6	9	3	2	50	50
4+8	10	7	2	75	75
9+10	11	10	2	75	75
Σ		10			

La Tabla 5.30 muestra de manera detallada el caudal unitario de cada una de las derivaciones simples de aguas servidas de la BAS#3 para la quinta planta del Edificio BO.

Tabla 5.30.*Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#3, Quinta Planta*

DERIVACIONES SIMPLES BAS #3 - CLASE 1				
TRAMO	APARATO	CAUDAL U.D.	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1	Lavadero	3	50	50
2	Lavabo	1	50	50
3	Ducha	2	50	50

La Tabla 5.31 muestra el detalle de las derivaciones en colector de aguas servidas de la BAS#3 para la quinta planta del Edificio BO. En esta se puede evidenciar el caudal que transporta cada derivación, la pendiente de la tubería y el diámetro de diseño para cada uno de los tramos.

Tabla 5.31.*Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#3, Quinta Planta*

DERIVACION EN COLECTOR BAS#3					
Σ	TRAMO	CAUDAL U.D.	i%	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1+2	4	4	2	50	50
4+3	5	6	2	50	50
Σ		6			

➤ Cuarto piso:

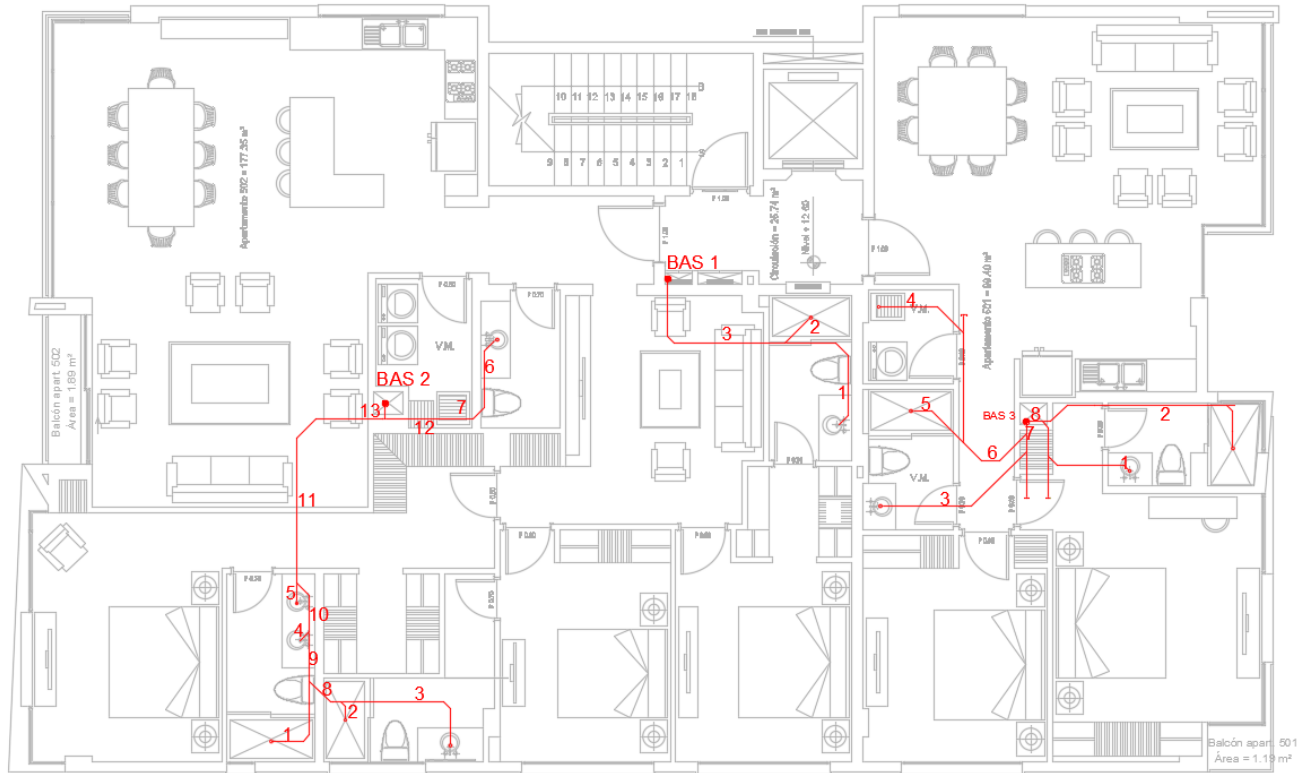


Figura 36. Detalle derivaciones simples y en colector de aguas grises. Cuarto Piso

La Tabla 5.32 muestra de manera detallada el caudal unitario de cada una de las derivaciones simples de aguas servidas de la BAS#1 para la cuarta planta del Edificio BO.

Tabla 5.32.

Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#1, Cuarta Planta

DERIVACIONES SIMPLES BAS #1 - CLASE 1				
TRAMO	APARATO	CAUDAL U.D.	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1	Lavabo	1	50	50
2	Ducha	2	50	50

La Tabla 5.33 muestra el detalle de las derivaciones en colector de aguas servidas de la BAS#1 para la cuarta planta del Edificio BO. En esta se puede evidenciar el caudal que transporta cada derivación, la pendiente de la tubería y el diámetro de diseño para cada uno de los tramos.

Tabla 5.33.*Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#1, Cuarta Planta*

DERIVACION EN COLECTOR BAS#1					
Σ	TRAMO	CAUDAL U.D.	i%	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1+2	3	3	2	50	50
Σ		3			

La Tabla 5.34 muestra de manera detallada el caudal unitario de cada una de las derivaciones simples de aguas servidas de la BAS#2 para la cuarta planta del Edificio BO.

Tabla 5.34.*Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#2, Cuarta Planta*

DERIVACIONES SIMPLES BAS #2 - CLASE 1				
TRAMO	APARATO	CAUDAL U.D.	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1	Ducha	2	50	50
2	Ducha	2	50	50
3	Lavabo	1	50	50
4	Lavabo	1	50	50
5	Lavabo	1	50	50
6	Lavabo	1	50	50
7	Lavadero	3	50	50

La Tabla 5.35 muestra el detalle de las derivaciones en colector de aguas servidas de la BAS#2 para la cuarta planta del Edificio BO. En esta se puede evidenciar el caudal que transporta cada derivación, la pendiente de la tubería y el diámetro de diseño para cada uno de los tramos.

Tabla 5.35.*Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#2, Cuarta Planta*

DERIVACION EN COLECTOR BAS#2					
Σ	TRAMO	CAUDAL U.D.	i%	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
2+3	8	3	2	50	50
1+8	9	5	2	50	50
9+4	10	6	2	50	50

5+10	11	7	2	75	75
6+7	12	4	2	50	50
11+12	13	11	2	75	75
Σ		11			

La Tabla 5.36 muestra de manera detallada el caudal unitario de cada una de las derivaciones simples de aguas servidas de la BAS#3 para la cuarta planta del Edificio BO.

Tabla 5.36.

Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#3, Cuarta Planta

DERIVACIONES SIMPLES BAS #3 - CLASE 1				
TRAMO	APARATO	CAUDAL U.D.	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1	Lavabo	1	50	50
2	Ducha	2	50	50
3	Lavabo	1	50	50
4	Lavadero	3	50	50
5	Ducha	2	50	50

La Tabla 5.37 muestra el detalle de las derivaciones en colector de aguas servidas de la BAS#3 para la cuarta planta del Edificio BO. En esta se puede evidenciar el caudal que transporta cada derivación, la pendiente de la tubería y el diámetro de diseño para cada uno de los tramos.

Tabla 5.37.

Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#3, Cuarta Planta

DERIVACION EN COLECTOR BAS#3					
Σ	TRAMO	CAUDAL U.D.	i%	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
4+5	6	5	2	50	50
3+6	7	6	2	50	50
1+2	8	3	2	50	50
Σ		9			

➤ Tercer piso:

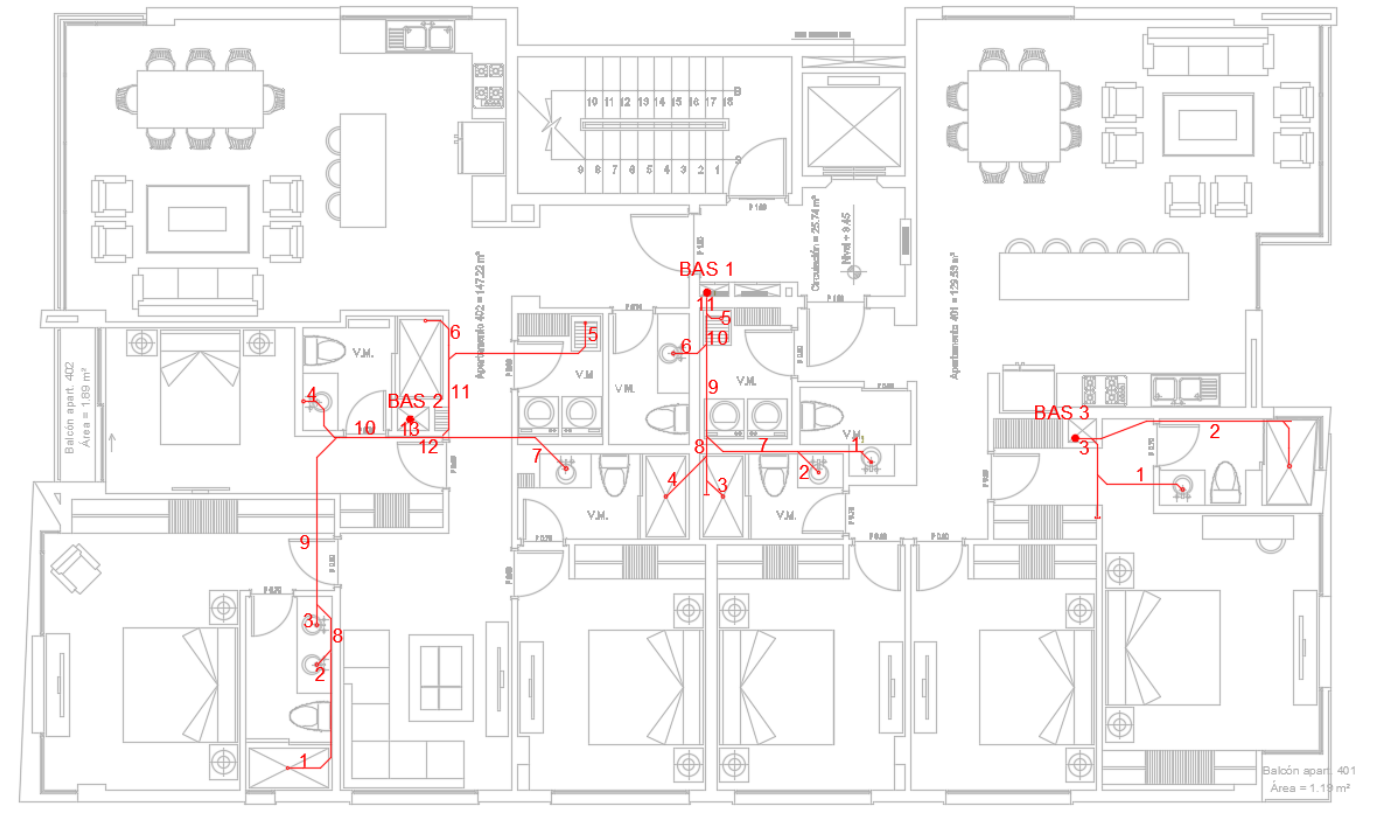


Figura 37. Detalle derivaciones simples y en colector de aguas grises. Tercer Piso

La Tabla 5.38 muestra de manera detallada el caudal unitario de cada una de las derivaciones simples de aguas servidas de la BAS#1 para la tercera planta del Edificio BO.

Tabla 5.38.

Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#1, Tercera Planta

DERIVACIONES SIMPLES BAS #1 - CLASE 1				
TRAMO	APARATO	CAUDAL U.D.	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1	Lavabo	1	50	50
2	Lavabo	2	50	50
3	Ducha	2	50	50
4	Ducha	2	50	50
5	Lavadero	3	50	50
6	Lavabo	1	50	50

La Tabla 5.39 muestra el detalle de las derivaciones en colector de aguas servidas de la BAS#1 para la tercera planta del Edificio BO. En esta se puede evidenciar el caudal que transporta cada derivación, la pendiente de la tubería y el diámetro de diseño para cada uno de los tramos.

Tabla 5.39.

Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#1, Tercera Planta

DERIVACION EN COLECTOR BAS#1					
Σ	TRAMO	CAUDAL U.D.	i%	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1+2	7	3	2	50	50
3+4	8	4	2	50	50
8+7	9	7	2	75	75
9+6	10	8	2	75	75
10+5	11	11	2	75	75
Σ		11			

La Tabla 5.40 muestra de manera detallada el caudal unitario de cada una de las derivaciones simples de aguas servidas de la BAS#2 para la tercera planta del Edificio BO.

Tabla 5.40.

Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#2, Tercera Planta

DERIVACIONES SIMPLES BAS #2 - CLASE 1				
TRAMO	APARATO	CAUDAL U.D.	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1	Ducha	2	50	50
2	Lavabo	1	50	50
3	Lavabo	1	50	50
4	Lavabo	1	50	50
5	Lavadero	3	50	50
6	Ducha	2	50	50
7	Lavabo	1	50	50

La Tabla 5.41 muestra el detalle de las derivaciones en colector de aguas servidas de la BAS#2 para la tercera planta del Edificio BO. En esta se puede evidenciar el caudal que transporta cada derivación, la pendiente de la tubería y el diámetro de diseño para cada uno de los tramos.

Tabla 5.41.*Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#2, Tercera Planta*

DERIVACION EN COLECTOR BAS#2					
Σ	TRAMO	CAUDAL U.D.	i%	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1+2	8	3	2	50	50
3+8	9	4	2	50	50
9+4	10	5	2	50	50
5+6	11	5	2	50	50
11+7	12	6	2	50	50
12+10	13	11	2	75	75
Σ		11			

La Tabla 5.42 muestra de manera detallada el caudal unitario de cada una de las derivaciones simples de aguas servidas de la BAS#3 para la tercera planta del Edificio BO.

Tabla 5.42.*Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#3, Tercera Planta*

DERIVACIONES SIMPLES BAS #3 - CLASE 1				
TRAMO	APARATO	CAUDAL U.D.	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1	Lavabo	1	50	50
2	Ducha	2	50	50

La Tabla 5.43 muestra el detalle de las derivaciones en colector de aguas servidas de la BAS#3 para la tercera planta del Edificio BO. En esta se puede evidenciar el caudal que transporta cada derivación, la pendiente de la tubería y el diámetro de diseño para cada uno de los tramos.

Tabla 5.43.*Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#3, Tercera Planta*

DERIVACION EN COLECTOR BAS#3					
Σ	TRAMO	CAUDAL U.D.	i%	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1+2	3	3	2	50	50
Σ		10			

➤ Segundo piso:

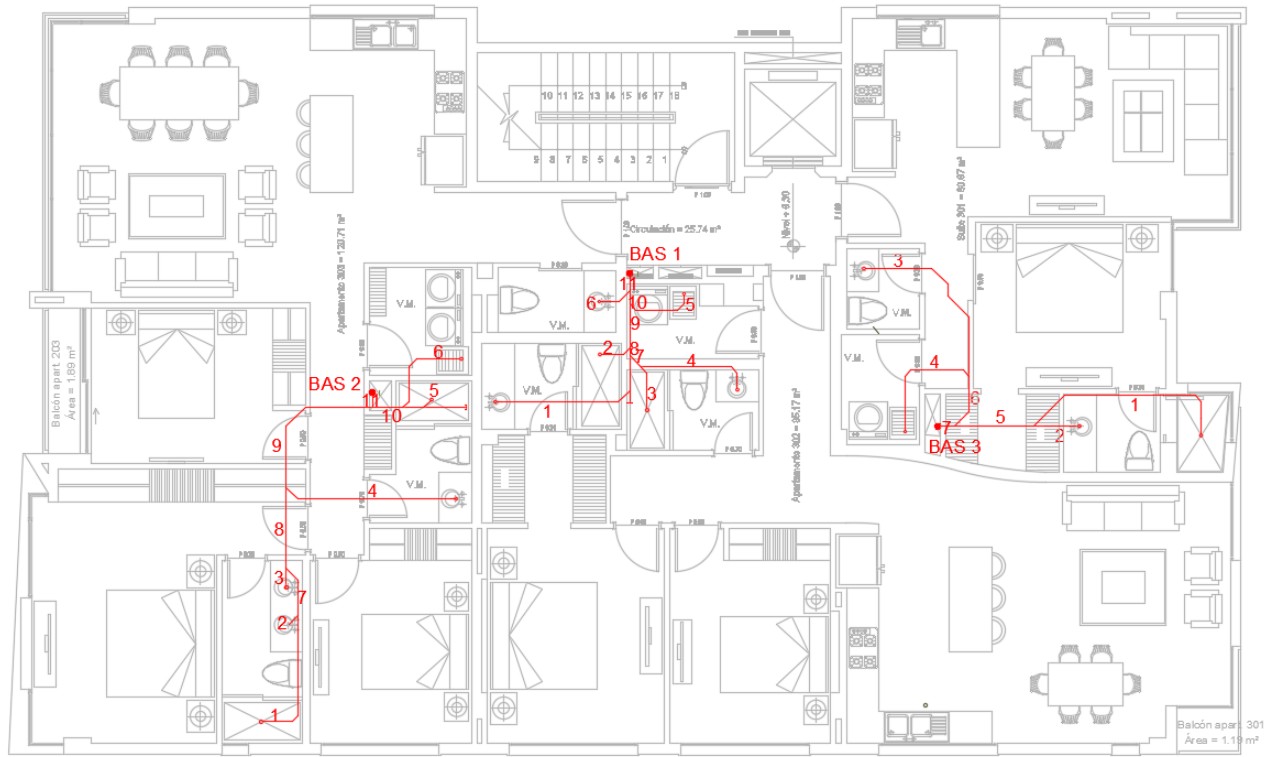


Figura 38. Detalle derivaciones simples y en colector de aguas grises. Segundo Piso

La Tabla 5.44 muestra de manera detallada el caudal unitario de cada una de las derivaciones simples de aguas servidas de la BAS#1 para la segunda planta del Edificio BO.

Tabla 5.44.

Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#1, Segunda Planta

DERIVACIONES SIMPLES BAS #1 - CLASE 1				
TRAMO	APARATO	CAUDAL U.D.	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1	Lavabo	1	50	50
2	Ducha	2	50	50
3	Ducha	2	50	50
4	Lavabo	1	50	50
5	Fregadero	3	50	50
6	Lavabo	1	50	50

La Tabla 5.45 muestra el detalle de las derivaciones en colector de aguas servidas de la BAS#1 para la segunda planta del Edificio BO. En esta se puede evidenciar el caudal que transporta cada derivación, la pendiente de la tubería y el diámetro de diseño para cada uno de los tramos.

Tabla 5.45.

Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#1, Segunda Planta

DERIVACION EN COLECTOR BAS#1					
Σ	TRAMO	CAUDAL U.D.	i%	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
3+4	7	3	2	50	50
1+7	8	4	2	50	50
8+2	9	6	2	50	50
9+5	10	9	2	75	75
10+6	11	10	2	75	75
Σ		10			

La Tabla 5.46 muestra de manera detallada el caudal unitario de cada una de las derivaciones simples de aguas servidas de la BAS#2 para la segunda planta del Edificio BO.

Tabla 5.46.

Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#2, Segunda Planta

DERIVACIONES SIMPLES BAS #2 - CLASE 1				
TRAMO	APARATO	CAUDAL U.D.	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1	Ducha	2	50	50
2	Lavabo	1	50	50
3	Lavabo	1	50	50
4	Lavabo	1	50	50
5	Ducha	2	50	50
6	Lavadero	3	50	50

La Tabla 5.47 muestra el detalle de las derivaciones en colector de aguas servidas de la BAS#2 para la segunda planta del Edificio BO. En esta se puede evidenciar el caudal que

transporta cada derivación, la pendiente de la tubería y el diámetro de diseño para cada uno de los tramos.

Tabla 5.47.

Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#2, Segunda Planta

DERIVACION EN COLECTOR BAS#2					
Σ	TRAMO	CAUDAL U.D.	i%	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1+2	7	3	2	50	50
7+3	8	4	2	50	50
8+4	9	5	2	50	50
5+6	10	5	2	50	50
10+9	11	10	2	75	75
Σ		10			

La Tabla 5.48 muestra de manera detallada el caudal unitario de cada una de las derivaciones simples de aguas servidas de la BAS#3 para la segunda planta del Edificio BO.

Tabla 5.48.

Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#3, Segunda Planta

DERIVACIONES SIMPLES BAS #3 - CLASE 1				
TRAMO	APARATO	CAUDAL U.D.	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1	Ducha	2	50	50
2	Lavabo	1	50	50
3	Lavabo	1	50	50
4	Fregadero	3	50	50

La Tabla 5.49 muestra el detalle de las derivaciones en colector de aguas servidas de la BAS#3 para la segunda planta del Edificio BO. En esta se puede evidenciar el caudal que transporta cada derivación, la pendiente de la tubería y el diámetro de diseño para cada uno de los tramos.

Tabla 5.49.*Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#3, Segunda Planta*

DERIVACION EN COLECTOR BAS#3					
Σ	TRAMO	CAUDAL U.D.	i%	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1+2	5	3	2	50	50
3+4	6	4	2	50	50
6+5	7	7	2	75	75
Σ		10			

➤ Primer piso:

La Tabla 5.50 muestra de manera detallada el caudal unitario de cada una de las derivaciones simples de aguas servidas de la BAS#1 para la primera planta del Edificio BO.

Tabla 5.50.*Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#1, Primera Planta*

DERIVACIONES SIMPLES BAS #1 - CLASE 1				
TRAMO	APARATO	CAUDAL U.D.	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1	Lavabo	1	50	50
2	Ducha	2	50	50
3	Ducha	2	50	50
4	Lavabo	1	50	50
5	Fregadero	3	50	50
6	Lavabo	1	50	50

La Tabla 5.51 muestra el detalle de las derivaciones en colector de aguas servidas de la BAS#1 para la primera planta del Edificio BO. En esta se puede evidenciar el caudal que transporta cada derivación, la pendiente de la tubería y el diámetro de diseño para cada uno de los tramos.

Tabla 5.51.*Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#1, Primera Planta*

DERIVACION EN COLECTOR BAS#1					
Σ	TRAMO	CAUDAL U.D.	i%	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
3+4	7	3	2	50	50
1+7	8	4	2	50	50
8+2	9	6	2	50	50
9+5	10	9	2	75	75
10+6	11	10	2	75	75
Σ		10			

La Tabla 5.52 muestra de manera detallada el caudal unitario de cada una de las derivaciones simples de aguas servidas de la BAS#2 para la primera planta del Edificio BO.

Tabla 5.52.*Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#2, Primera Planta*

DERIVACIONES SIMPLES BAS #2 - CLASE 1				
TRAMO	APARATO	CAUDAL U.D.	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1	Ducha	2	50	50
2	Lavabo	1	50	50
3	Lavabo	1	50	50
4	Lavabo	1	50	50
5	Ducha	2	50	50
6	Lavadero	3	50	50

La Tabla 5.53 muestra el detalle de las derivaciones en colector de aguas servidas de la BAS#2 para la primera planta del Edificio BO. En esta se puede evidenciar el caudal que transporta cada derivación, la pendiente de la tubería y el diámetro de diseño para cada uno de los tramos.

Tabla 5.53.*Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#2, Primera Planta*

DERIVACION EN COLECTOR BAS#2					
Σ	TRAMO	CAUDAL U.D.	i%	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1+2	7	3	2	50	50
7+3	8	4	2	50	50
8+4	9	5	2	50	50
5+6	10	5	2	50	50
10+9	11	10	2	75	75
Σ		10			

La Tabla 5.54 muestra de manera detallada el caudal unitario de cada una de las derivaciones simples de aguas servidas de la BAS#3 para la primera planta del Edificio BO.

Tabla 5.54.*Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#3, Primera Planta*

DERIVACIONES SIMPLES BAS #3 - CLASE 1				
TRAMO	APARATO	CAUDAL U.D.	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1	Ducha	2	50	50
2	Lavabo	1	50	50
3	Lavabo	1	50	50
4	Fregadero	3	50	50

La Tabla 5.55 muestra el detalle de las derivaciones en colector de aguas servidas de la BAS#3 para la primera planta del Edificio BO. En esta se puede evidenciar el caudal que transporta cada derivación, la pendiente de la tubería y el diámetro de diseño para cada uno de los tramos.

Tabla 5.55.*Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#3, Primera Planta*

DERIVACION EN COLECTOR BAS#3					
Σ	TRAMO	CAUDAL U.D.	i%	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1+2	5	3	2	50	50

3+4	6	4	2	50	50
6+5	7	7	2	75	75
Σ		10			

➤ Planta baja:

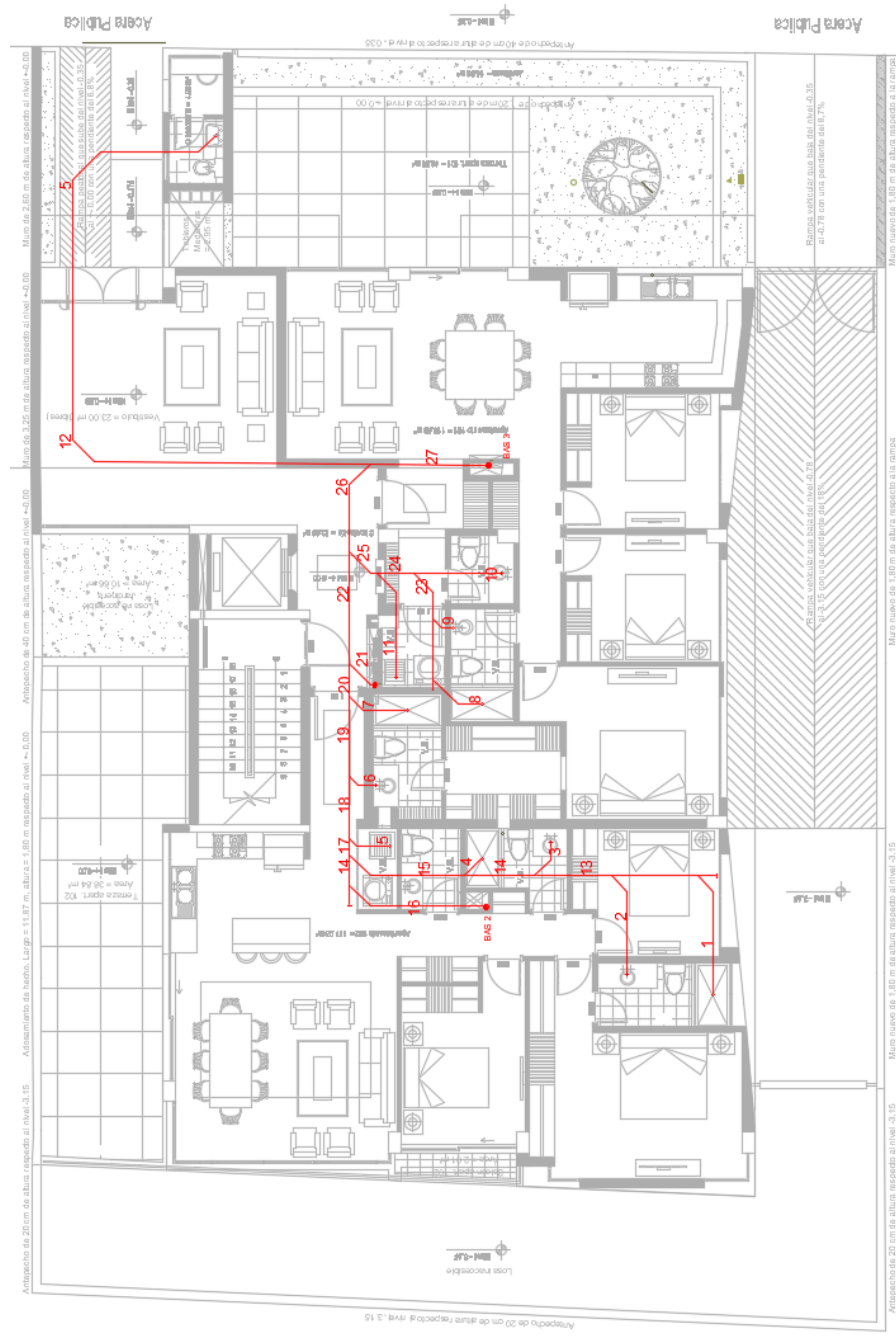


Figura 40. Detalle derivaciones simples y en colector de aguas grises. Planta Baja

La Tabla 5.56 muestra de manera detallada el caudal unitario de cada una de las derivaciones simples de aguas servidas de la BAS#3 para la planta baja del Edificio BO.

Tabla 5.56.

Detalle derivaciones simples de aguas servidas, BAS#3, Planta baja

DERIVACIONES SIMPLES BAS #3 - CLASE 1				
TRAMO	APARATO	CAUDAL U.D.	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1	Ducha	2	50	50
2	Lavabo	1	50	50
3	Lavabo	1	50	50
4	Ducha	2	50	50
5	Lavadero	3	50	50
6	Lavabo	1	50	50
7	Ducha	2	50	50
8	Ducha	2	50	50
9	Lavabo	1	50	50
10	Lavabo	1	50	50
11	Lavadero	3	50	50
12	Lavabo	1	50	50

La Tabla 5.45 muestra el detalle de las derivaciones en colector de aguas servidas de la BAS#1 para la segunda planta del Edificio BO. En esta se puede evidenciar el caudal que transporta cada derivación, la pendiente de la tubería y el diámetro de diseño para cada uno de los tramos.

Tabla 5.57.

Detalle derivaciones en colector de aguas servidas, BAS#3, Planta baja

DERIVACION EN COLECTOR BAS#3					
Σ	TRAMO	CAUDAL U.D.	i%	Φ mínimo (mm)	Φ diseño (mm)
1+2	13	3	2	50	50
13+3	14	4	2	50	50
14+4	15	6	2	50	50
	16	51	2	110	110
16+15	17	57	2	110	110
17+5	18	60	2	110	110

18+6	19	61	2	110	110
19+7	20	63	2	110	110
	21	49	2	110	110
20+21	22	112	2	160	160
8+9	23	3	2	50	50
23+10	24	4	2	50	50
24+11	25	7	2	75	75
25+22	26	119	2	160	160
26+12	27	120	2	160	160

➤ Bajantes:

La Tabla 5.58 detalla el diseño de la BAS#1, según la Tabla 5.25. El diámetro se escoge según el mayor de los valores obtenidos, considerando el máximo número de unidades de descarga en la bajante y el máximo número de unidades de descarga en cada ramal en función del número de plantas.

Tabla 5.58.

Detalle bajante de aguas servidas, BAS#1

BAJANTE DE AGUAS SERVIDAS, BAS #1			
Máximo número de unidad de descarga en la bajante	Diámetro recomendado (mm)	Máximo número de unidades de descarga en uno de los ramales	Diámetro recomendado (mm)
49 UD	75	11 UD	75

La Tabla 5.59 detalla el diseño de la BAS#2, según la Tabla 5.25. El diámetro de la bajante se escoge según el mayor de los valores obtenidos, considerando el máximo número de unidades de descarga en la bajante y el máximo número de unidades de descarga en cada ramal en función del número de plantas.

Tabla 5.59.*Detalle bajante de aguas servidas, BAS#2*

BAJANTE DE AGUAS SERVIDAS, BAS #2			
Máximo número de unidad de descarga en la bajante	Diámetro recomendado (mm)	Máximo número de unidades de descarga en uno de los ramales	Diámetro recomendado (mm)
51 UD	75	11 UD	75

La Tabla 5.60 detalla el diseño de la BAS#3, según la Tabla 5.25. El diámetro se escoge según el mayor de los valores obtenidos, considerando el máximo número de unidades de descarga en la bajante y el máximo número de unidades de descarga en cada ramal en función del número de plantas.

Tabla 5.60.*Detalle bajante de aguas servidas, BAS#3*

BAJANTE DE AGUAS SERVIDAS, BAS #3			
Máximo número de unidad de descarga en la bajante	Diámetro recomendado (mm)	Máximo número de unidades de descarga en uno de los ramales	Diámetro recomendado (mm)
120 UD	110	120 UD	110

c. Producción de agua gris

Para dimensionar la capacidad de los equipos de almacenamiento y tratamiento de aguas grises es necesario tomar en cuenta el volumen de aguas grises aportadas. Este volumen depende principalmente de las características y uso del edificio. Como se ha dicho anteriormente, se toma en cuenta generalmente las aguas grises procedentes de lavabos, duchas y bañeras y se excluyen las aguas procedentes de cocinas, bidets, inodoros, lavadoras y lavavajillas debido al elevado número de agentes patógenos y/o fecales. En términos generales pueden considerarse los siguientes valores orientativos de producción de aguas grises: (ESPAÑA, 2016)

Tabla 5.61.

Producción estimada de aguas grises

Aplicación	Producción estimada
Viviendas	50-100 litros/persona/día
Hoteles	50-150 litros/persona/día
Complejos deportivos	30-60 litros/persona/día

Fuente: (ESPAÑA, 2016)

Para el presente estudio se sabe que el edificio cuenta con 14 departamentos o unidades habitacionales, 11 departamentos y 3 suites, respectivamente. Para calcular la producción de aguas grises del Edificio BÔ, se contemplará 2 personas por departamento en suites y en departamentos de mayor tamaño se contemplará 4 personas por departamento, obteniendo un total de 50 personas.

El caso de estudio es para un edificio de viviendas, por lo tanto, se estima una producción estimada de aguas grises entre 50 y 100 litros por persona por día, según la Tabla 5.61.

$$\frac{50 \frac{\text{litros}}{\text{persona}}}{\text{día}} * 50 \text{ personas} = 2.500 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

Ecuación 11. Producción estimada de agua gris

Obteniendo así una producción estimada de 2.500 litros al día de aguas grises para el Edificio BÔ.

d. Demanda de agua tratada

De igual manera, el dimensionado de los equipos de tratamiento de aguas grises se realiza en base a la demanda de agua del edificio o vivienda. Esta demanda puede variar según los usos que se pretende destinar al agua tratada. El principal objetivo es el de evitar el almacenamiento y/o el tratamiento innecesario del agua gris. El cálculo de la demanda se estimará teniendo en cuenta los siguientes rangos establecidos en la Tabla 5.62: (ESPAÑA, 2016)

Tabla 5.62.*Demanda de agua tratada según su aplicación*

Aplicación	Demanda Estimada	Observación
Recarga de cisternas de inodoro	18-45 litros/persona/día	Es una de las aplicaciones más habituales
Riego de jardines	2-6 litros/m2/día	Variable en función del tipo de vegetal y de la estación del año
Baldeo de pavimentos exteriores	2-6 litros/m2	
Lavado de vehículos	250 litros	Lavado de un turismo

Fuente: (ESPAÑA, 2016)

El uso que se dará al agua tratada será principalmente para la recarga de cisternas de los inodoros de cada uno de los departamentos del Edificio BÔ. Para el cálculo se utilizará la mayor demanda estimada para cada aplicación.

$$45 \frac{\text{litros}}{\text{persona}} \frac{\text{litros}}{\text{dia}} * 50 \text{ personas} = 2.250 \frac{\text{litros}}{\text{dia}}$$

Ecuación 12. Demanda estimada de agua tratada

Es decir, la demanda estimada de aguas tratadas es de 2250 litros por cada día.

e. Dimensionamiento del depósito de aguas grises

El dimensionamiento del depósito se realiza en función del volumen de aguas grises a reciclar. Se debe tomar en cuenta que el depósito de aguas grises no debe acumular las aguas por un periodo de tiempo superior a 24 horas ya que puede producirse un abundante crecimiento de microorganismos y aparecer olores desagradables. Además, el tanque debe constar con un sistema de descarga y un sistema de rebose que permitan enviar a desagüe las aguas grises acumuladas en el caso que se precise. (ESPAÑA, 2016)

Como depósito de aguas grises se ha seleccionado un tanque plástico con una capacidad de 2500 litros, tal como se muestra en la Figura 41. Este es capaz de almacenar la producción diaria de aguas grises de manera satisfactoria. Este tanque será de tipo cilíndrico vertical y con dimensiones de 1568mm de ancho y una altura de 1520mm.



Figura 41. Depósito de aguas grises. (Plastigama, 2019)

f. Sistema de tratamiento de aguas grises

Para el sistema de tratamiento de aguas grises se optó por utilizar plantas compactas de tratamiento, las cuales se ofertan en una amplia gama, requieren de una instalación rápida y sencilla, son capaces de cubrir el volumen de producción de aguas grises diario y cumplen con los requisitos de filtración y desinfección requeridos.



Figura 42. Planta de tratamiento Azud Watertech. (Azud, 2022)

De esta manera, se ha escogido el sistema AZUD WATERTECH GW de la marca española AZUD como la mejor opción para el tratamiento y procesamiento de aguas grises para el Edificio BÔ. Este sistema consta de una planta compacta de tratamiento de aguas grises, la cual cuenta con tecnologías de filtración por disco para remover sólidos filamentosos y filtración por membrana de ultrafiltración para la remoción de sólidos en suspensión, bacterias y virus con tamaño superior a 0.03 micron. Adicionalmente cuenta con tecnologías de desinfección residual, lo cual asegura una calidad correcta de agua para su uso posterior al tratamiento. En la Figura 43 se puede observar de manera detallada el proceso de tratamiento de aguas grises WATERTECH. La planta de tratamiento propuesta cuenta con una capacidad de procesar 2.0 m³/h o 440 gph de aguas grises.

La operación de la planta es completamente autónoma ya que cada uno de los procesos cuenta con equipos de medición y control como presostatos y transmisores de presión y caudalímetros digitales, los cuales se controlan y monitorizan por medio de un PLC. De esta manera, la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento es sencilla.

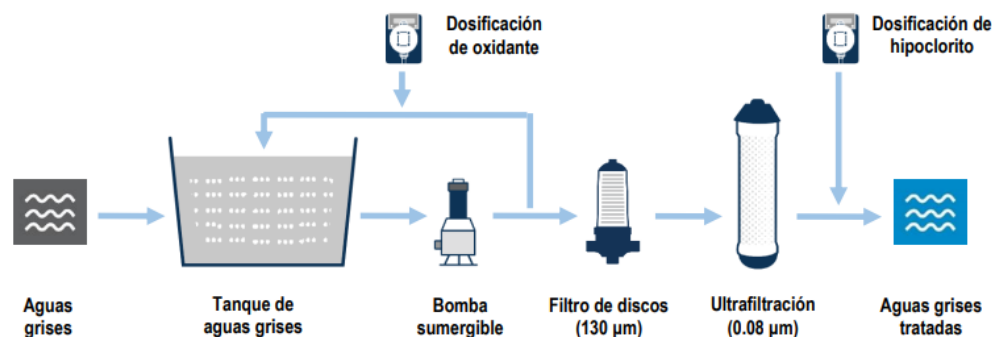


Figura 43. Proceso de tratamiento de aguas grises WATERTECH. (Azud, 2022)

g. Dimensionamiento del depósito de aguas tratadas

El almacenamiento de agua gris tratada será por medio de una cisterna subterránea ubicada en el último subsuelo del Edificio BÔ, próximo al sistema de tratamiento AZUD WATERTECH. El depósito deber ser de dimensión tal que cubra la demanda estimada de 2250 litros diarios de agua tratada del edificio y capaz de almacenar el volumen estimado de 1 metro cubico de recolección de aguas lluvias. De esta manera, la cisterna debe poder almacenar como mínimo un volumen de 3250 litros. Se opta por implementar una cisterna con capacidad de 3450 litros o 3.45 metros cúbicos, con dimensiones tales como se muestran en la Figura 44.

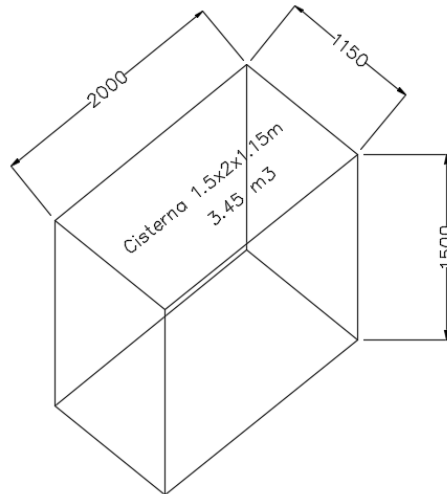


Figura 44. Detalle de cisterna

h. Red de distribución de agua tratada

El diseño de la red de distribución de agua tratada se lo realizó en base a las especificaciones técnicas de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, Capítulo 16, Norma Hidrosanitaria NHE AGUA. Esta norma presta los parámetros mínimos que deben incluirse en todo diseño y construcción de instalaciones hidrosanitarias interiores, para garantizar bajo condiciones normales de utilización, su funcionamiento suficiente en cantidad y calidad, en todo espacio y tiempo dentro del predio, casa o edificación. Dichos parámetros con sus respectivas consideraciones permitieron que se realice el análisis de dotación de agua, tuberías, accesorios y tanque hidroneumático para la recarga de cisternas de inodoros de acuerdo con los requisitos de cada una de las plantas de la edificación.

➤ Estimación de caudales

Para continuar con el procedimiento de cálculo, es necesario determinar el número de aparatos sanitarios a servir en la edificación y sus respectivos gastos instalados. El gasto o consumo característico de un aparato sanitario, corresponde a la cantidad de agua o caudal que requiere ese aparato para funcionar a plena capacidad. A cada tipo de aparato sanitario le corresponde un gasto instalado específico, tal como se muestra en la Tabla 5.63. (Alfaro, 2014)

Tabla 5.63.

Caudal instantáneo mínimo para distintos aparatos sanitarios

APARATO SANITARIO	CAUDAL INSTANTANEO MÍNIMO(qi) (L/2)
Bañera / tina	0.30
Bidet	0.10
Calentadores / calderas	0.30
Ducha	0.20
Fregadero cocina	0.20
Fuentes para beber	0.10
Grifo para maguera	0.20
Inodoro con depósito	0.10
Inodoro con fluxor	1.25
Lavabo	0.10
Máquina de lavar ropa	0.20
Máquina lava vajillas	0.20
Urinario con fluxor	0.50
Urinario con llave	0.15
Sauna, turco, ó hidromasaje doméstico	1.00

Fuente: (MIDUVI, NEC-11. Capítulo 16. Norma Hidrosanitaria NHE, 2011)

Por lo tanto, será necesario calcular el gasto en cada planta de cada uno de los aparatos sanitarios y de esta manera obtener el gasto máximo instalado (QMI):

APARATO SANITARIO	CAUDAL INSTANTANEO MÍNIMO(qi) (L/2)	PLANTA BAJA	PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4	PISO 5	PISO 6
Inodoro con desposito	0.10	6	7	7	7	6	6	1
Grifo	0.2	2	1	1	1	1	1	1
TOTAL APARATOS		8	8	8	8	7	7	2
TOTAL ($\sum qi$)		1	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.3

Una vez obtenido el gasto máximo instalado (QMI), corresponde calcular el gasto máximo probable (QMP). El gasto máximo probable representa el consumo más probable que demandaría un conjunto de aparatos sanitarios para su normal operación, suponiendo que en ningún caso todos los aparatos funcionen a plena capacidad al mismo tiempo. Por lo tanto, es necesario dimensionar la red de abastecimiento de agua tratada a partir del gasto máximo probable (QMP) y no del gasto máximo instalado (QMI), porque resultaría una instalación sobredimensionada y en consecuencia poco económica. (Alfaro, 2014)

$$Q_{MP} = k_s * \sum q_i$$

Ecuación 13. Gasto máximo probable

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F * (0.04 + 0.04 * \log(\log(n)))$$

Ecuación 14. Coeficiente de simultaneidad

Donde:

n = número total de aparatos sanitarios

k_s = coeficiente de simultaneidad, entre 0.2 y 1.0

q_i = caudal mínimo de los aparatos suministrados (Tabla 16-1)

F = factor que toma los siguientes valores

F=0, según Norma Francesa NFP 41204

F=1, para edificios de oficinas y semejantes

F=2, para edificios habitacionales

F=3, hoteles, hospitales y semejantes

F=4, edificios académicos, cuarteles y semejantes

F=5, edificios e inmuebles con valores de demanda superiores

➤ Planta baja:

A continuación, se calcula el caudal máximo probable (Q_{MP}) para la planta baja del Edificio Bo aplicando la Ecuación 13 y 14.

$$Q_{MP} = k_s * \sum q_i$$

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F * (0.04 + 0.04 * \log(\log(n)))$$

$$n=8$$

F=2; para edificio de oficinas y semejantes

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{8-1}} + 2 * (0.04 + 0.04 * \log(\log(8)))$$

$$k_s = 0.45442296$$

$$\sum q_i = 0.45 \frac{l}{s}$$

➤ Primer piso:

A continuación, se calcula el caudal máximo probable (Q_{MP}) para el primer piso del Edificio Bo aplicando la Ecuación 13 y 14.

$$Q_{MP} = k_s * \sum q_i$$

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F * (0.04 + 0.04 * \log(\log(n)))$$

$$n=8$$

F=2; para edificio de oficinas y semejantes

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{8-1}} + 1 * (0.04 + 0.04 * \log(\log(8)))$$

$$k_s = 0.45442296$$

$$\sum qi = 0.41 \frac{l}{s}$$

➤ Segundo piso:

A continuación, se calcula el caudal máximo probable (Q_{MP}) para el segundo piso del Edificio Bo aplicando la Ecuación 13 y 14.

$$Q_{MP} = k_s * \sum qi$$

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F * (0.04 + 0.04 * \log(\log(n)))$$

$$n=8$$

F=2; para edificio de oficinas y semejantes

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{8-1}} + 1 * (0.04 + 0.04 * \log(\log(8)))$$

$$k_s = 0.45442296$$

$$\sum qi = 0.41 \frac{l}{s}$$

➤ Tercer piso:

A continuación, se calcula el caudal máximo probable (Q_{MP}) para el tercer piso del Edificio Bo aplicando la Ecuación 13 y 14.

$$Q_{MP} = k_s * \sum qi$$

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F * (0.04 + 0.04 * \log(\log(n)))$$

$$n=8$$

F=2; para edificio de oficinas y semejantes

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{8-1}} + 1 * (0.04 + 0.04 * \log(\log(8)))$$

$$k_s = 0.45442296$$

$$\sum qi = 0.41 \frac{l}{s}$$

➤ Cuarto piso:

A continuación, se calcula el caudal máximo probable (Q_{MP}) para el cuarto piso del Edificio Bo aplicando la Ecuación 13 y 14.

$$Q_{MP} = k_s * \sum qi$$

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F * (0.04 + 0.04 * \log(\log(n)))$$

$$n=7$$

F=2; para edificio de oficinas y semejantes

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{7-1}} + 2 * (0.04 + 0.04 * \log(\log(7)))$$

$$k_s = 0.48240086$$

$$\sum qi = 0.39 \frac{l}{s}$$

➤ Quinto piso:

A continuación, se calcula el caudal máximo probable (Q_{MP}) para el quinto piso del Edificio Bo aplicando la Ecuación 13 y 14.

$$Q_{MP} = k_s * \sum qi$$

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F * (0.04 + 0.04 * \log(\log(n)))$$

$$n=7$$

F=2; para edificio de oficinas y semejantes

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{7-1}} + 2 * (0.04 + 0.04 * \log(\log(7)))$$

$$k_s = 0.51849871$$

$$\sum qi = 0.39 \frac{l}{s}$$

➤ Terraza:

A continuación, se calcula el caudal máximo probable (Q_{MP}) para la terraza del Edificio Bo aplicando la Ecuación 13 y 14.

$$Q_{MP} = 0.3 \frac{l}{s}$$

➤ Caudal total del edificio

$$Q_{Total} = Q_{PB} + Q_{Piso\ 1} + Q_{Piso\ 2} + Q_{Piso\ 3} + Q_{Piso\ 4} + Q_{Piso\ 5} + Q_{Subsuelo\ 1} + Q_{Subsuelo\ 2}$$

$$Q_{Total} = 2.76 \frac{l}{s}$$

➤ Cálculo diámetro de tuberías

La NEC establece que la velocidad de diseño del agua en las tuberías debe fluctuar entre 0.6 m/s y 2.5 m/s.

Para el cálculo del diámetro de tuberías se utiliza la ecuación:

$$\text{Caudal} = \text{Velocidad} * \text{área}$$

Ecuación 15. Cálculo de Caudal

Despejando velocidad de la fórmula:

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Caudal}}{\text{área}}$$

Ecuación 16. Cálculo de velocidad en función del caudal y el área

En la formula se reemplaza el caudal obtenido previamente en el cálculo de estimación de caudales y el área se obtiene imponiéndose un diámetro de tubería cualquiera para obtener una velocidad de diseño que fluctúe entre el rango de 0.6m/s y 2.5 m/s.

- Planta baja:

Tabla 5.64.

Detalle diámetro de tubería para distribución de agua tratada. Planta Baja

TRAMOS	PISO	CAUDAL	TUBERIA				OBSERVACIÓN
			DIAMETROS		AREA	VELOCIDADES	
		l/s	pulg.	mm	m2	m/s	
A	PLANTA BAJA	0.45	3/4	19.0500	0.000285	1.58	Diametro correcto

Aplicando la Ecuación 16 y estipulando un diámetro de tubería de $\frac{3}{4}$ ' para la Planta Baja del Edificio, se obtiene que la velocidad en la tubería es de 1.58 m/s, la cual se encuentra dentro del rango de velocidades establecidas por la NEC.

- Primera Planta

Tabla 5.65.

Detalle diámetro de tubería para distribución de agua tratada. Primera Planta

TRAMOS	PISO	CAUDAL	TUBERIA				OBSERVACIÓN
			DIAMETROS		AREA	VELOCIDADES	
		l/s	pulg.	mm	m2	m/s	
A	PISO 1	0.41	3/4	19.0500	0.000285	1.44	Diametro correcto

Aplicando la Ecuación 16 y estipulando un diámetro de tubería de $\frac{3}{4}$ ' para la Primera Planta del Edificio, se obtiene que la velocidad en la tubería es de 1.58 m/s, la cual se encuentra dentro del rango de velocidades establecidas por la NEC.

- Segunda Planta

Tabla 5.66.

Detalle diámetro de tubería para distribución de agua tratada. Segunda Planta

TRAMOS	PISO	CAUDAL	TUBERIA				OBSERVACIÓN
			DIAMETROS		AREA	VELOCIDADES	
		l/s	pulg.	mm	m2	m/s	
A	PISO 2	0.41	3/4	19.0500	0.000285	1.44	Diametro correcto

Aplicando la Ecuación 16 y estipulando un diámetro de tubería de ¾' para la Segunda Planta del Edificio, se obtiene que la velocidad en la tubería es de 1.58 m/s, la cual se encuentra dentro del rango de velocidades establecidas por la NEC.

- Tercera Planta

Tabla 5.67.

Detalle diámetro de tubería para distribución de agua tratada. Tercera Planta

TRAMOS	PISO	CAUDAL	TUBERIA				OBSERVACIÓN
			DIAMETROS		AREA	VELOCIDADES	
		l/s	pulg.	mm	m2	m/s	
A	PISO 3	0.41	3/4	19.0500	0.000285	1.44	Diametro correcto

Aplicando la Ecuación 16 y estipulando un diámetro de tubería de ¾' para la Tercera Planta del Edificio, se obtiene que la velocidad en la tubería es de 1.58 m/s, la cual se encuentra dentro del rango de velocidades establecidas por la NEC.

- Cuarta Planta

Aplicando la Ecuación 16 y estipulando un diámetro de tubería de ¾' para la Cuarta Planta del Edificio, se obtiene que la velocidad en la tubería es de 1.37 m/s, la cual se encuentra dentro del rango de velocidades establecidas por la NEC.

Tabla 5.68.*Detalle diámetro de tubería para distribución de agua tratada. Cuarta Planta*

TRAMOS	PISO	CAUDAL	TUBERIA				OBSERVACIÓN
			DIAMETROS		AREA	VELOCIDADES	
			l/s	pulg.	mm	m ²	m/s
A	PISO 4	0.39	3/4	19.0500	0.000285	1.37	Diametro correcto

- Quinta Planta

Aplicando la Ecuación 16 y estipulando un diámetro de tubería de ¾" para la Quinta Planta del Edificio, se obtiene que la velocidad en la tubería es de 1.37 m/s, la cual se encuentra dentro del rango de velocidades establecidas por la NEC.

Tabla 5.69.*Detalle diámetro de tubería para distribución de agua tratada. Quinta Planta*

TRAMOS	PISO	CAUDAL	TUBERIA				OBSERVACIÓN
			DIAMETROS		AREA	VELOCIDADES	
			l/s	pulg.	mm	m ²	m/s
A	PISO 5	0.39	3/4	19.0500	0.000285	1.37	Diametro correcto

- Sexta Planta

Aplicando la Ecuación 16 y estipulando un diámetro de tubería de ½" para la Quinta Planta del Edificio, se obtiene que la velocidad en la tubería es de 1.58 m/s, la cual se encuentra dentro del rango de velocidades establecidas por la NEC.

Tabla 5.70.*Detalle diámetro de tubería para distribución de agua tratada. Sexta Planta*

TRAMOS	PISO	CAUDAL	TUBERIA				OBSERVACIÓN
			DIAMETROS		AREA	VELOCIDADES	
			l/s	pulg.	mm	m ²	m/s
A	PISO 6	0.3	1/2	12.7000	0.000127	2.37	Diametro correcto

➤ Diseño de columna de distribución agua tratada

El diámetro de la columna de distribución deberá ser calculada para cada caso en específico. El diámetro se calcula considerando la sumatoria de caudales máximos probables acumulados a lo largo de la misma.

Tabla 5.71.

Detalle columna de distribución de agua tratada.

TRAMOS	PISO	CAUDAL	TUBERIA				OBSERVACIÓN
			DIAMETRO		AREA	VELOCIDAD	
			l/s	pulg.	mm	m ²	m/s
A	PISO 6	0.2	1/2	12.7000	0.000127	1.58	Diametro correcto
B	PISO 5	0.3	1/2	12.7000	0.000127	2.37	Diametro correcto
	PISO 5						
1		0.3	1/2	12.7000	0.000127	2.37	Diametro correcto
	PISO 5						
2		0.69	3/4	19.0500	0.000285	2.42	Diametro correcto
	PISO 4						
3		1.08	1	25.4000	0.000507	2.13	Diametro correcto
	PISO 3						
4		1.49	1 1/4	31.7500	0.000792	1.88	Diametro correcto
	PISO 2						
5		1.9	1 1/4	31.7500	0.000792	2.40	Diametro correcto
	PISO 1						
6		2.31	1 1/2	38.1000	0.001140	2.03	Diametro correcto
	PLANTA BAJA						
7		2.76	1 1/2	38.1000	0.001140	2.42	Diametro correcto
	SUBSUELO 1						
8		2.76	1 1/2	38.1000	0.001140	2.42	Diametro correcto
	SUBSUELO 2						
9		2.76	1 1/2	38.1000	0.001140	2.42	Diametro correcto

➤ Diseño bomba de impulsión

La bomba debe elegirse con base a la altura manométrica y el caudal requerido para el correcto funcionamiento y abastecimiento de los distintos aparatos sanitarios. La potencia de la bomba se diseña según las pérdidas producidas a lo largo de la columna o montante de distribución de agua tratada hasta el aparato más desfavorable ubicado en el último piso de la edificación.

Para el cálculo de pérdidas de carga por longitud (en m.c.a) se aplicará la siguiente ecuación:

$$h_f = m * L * \left(\frac{V^{1.75}}{D^{1.25}} \right)$$

Ecuación 17. Pérdidas de carga por longitud

Donde:

V = velocidad, en metros sobre segundo (m/s)

D = diámetro, en metros (m)

L = longitud de tubería, en metros (m)

m = constante del material del tubo, que adopta los siguientes valores:

m = 0.00070, acero

m = 0.00092, acero galvanizado varios años de uso

m = 0.00056, cobre

m = 0.00054, plástico

Para las pérdidas de carga por accesorios se utilizará la ecuación de longitudes equivalentes:

$$L_e = \left(A * \left(\frac{d}{25.4} \right) \pm B \right) * \left(\frac{120}{c} \right)^{1.8519}$$

Ecuación 18. Pérdidas de carga por accesorios

Donde:

Le = longitud equivalente, en metros

A, B = factores que dependen del tipo de accesorio, según Tabla 5.72.

d = diámetro interno, en milímetros

C = coeficiente según material de tubería (acero: 120, cobre:130, plástico: 150, etc.)

Tabla 5.72.

Factores para el cálculo de longitudes equivalentes

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

Las pérdidas producidas en el Edificio BÔ hasta el aparato más desfavorable son de 13.15 m.c.a.

Posteriormente, se procede a calcular la presión mínima y la presión máxima de funcionamiento de la bomba. La presión mínima de la bomba es la presión necesaria con la cual la bomba impulsará el agua hasta el último piso de la edificación, tomando en cuenta las pérdidas de carga hasta el aparato más desfavorable y una presión remanente de 1 metro. La presión máxima será la suma entre la presión mínima obtenida y una presión remanente de 15 metros.

Tabla 5.73.

Parámetros de diseño

Parámetro	Simbología	Cantidad
Perdidas de carga	hf	13.15 metros
Altura entre pisos	H	3.15 metros
Número de pisos	np	9 pisos

➤ Presión mínima de la bomba:

$$\text{Presión mínima} = \sum hf + (H * np) + pr$$

$$\text{Presión mínima} = 13.15 + (3.15 * 9) + 1$$

$$\text{Presión mínima} = 42.5 \text{ m. c. a}$$

➤ Presión máxima de la bomba:

$$\text{Presión máxima} = \text{Presión mínima} + 15 \text{ m. c. a.}$$

$$\text{Presión máxima} = 42.5 \text{ m. c. a} + 15 \text{ m. c. a.}$$

$$\text{Presión máxima} = 57 \text{ m. c. a.}$$

➤ Potencia de la bomba:

La potencia de la bomba se calcula con la siguiente formula:

$$\text{Potencia} = \frac{Qb * Hb}{75 * \frac{n}{100}}$$

Ecuación 19. Potencia de una bomba

Donde:

Qb = caudal de bombeo medio, en litros por segundo

Hb = altura de bombeo

n = eficiencia de la bomba

El caudal de bombeo se calcula teniendo en cuenta el número de aparatos sanitarios y el caudal de estos. La NEC establece un caudal promedio de 0.022 litros por segundo para aparatos sanitarios. En total, la bomba abastecerá a 48 aparatos sanitarios. Otra consideración a tomar en cuenta será la eficiencia de la bomba, la cual se estipula en un 60 por ciento, debido a su pequeño tamaño. Por último, la altura de bombeo se considera como la altura de presión máxima de la bomba, ya antes calculada. De esta manera, se calcula la potencia de la bomba aplicando la Ecuación 19.

$$\text{Potencia} = \frac{\left(48 * 0.022 \frac{l}{s}\right) + 57 \text{ m. c. a}}{75 * \frac{60}{100}}$$

$$\text{Potencia} = 1.29 \text{ Hp}$$

La potencia mínima de la bomba debe ser 1.29 Hp, por lo que se opta implementar una bomba centrífuga de 1.5 Hp, la cual es capaz cubrir la demanda requerida.

5.2 Comparación de Resultados de Sistemas y Tecnologías aplicadas.

Este capítulo busca analizar los aspectos técnicos y funcionales de las tecnologías instaladas, así como de las tecnologías propuestas, con el fin de mostrar, de manera concreta, los beneficios y retos que resultan del incremento del nivel de inteligencia del caso de estudio.

5.2.1 Iluminación inteligente

La iluminación ha representado uno de los pilares fundamentales de los edificios inteligentes. Este es un sistema que, desde el inicio de la domótica, ha sido incluido en los edificios que buscan mejorar el confort de las personas y generar espacios agradables para cualquier tarea o actividad del ser humano.

La importancia del sistema de iluminación se base en la influencia que tiene en la vida de las personas y su confort. Así también, este sistema representa, por lo general, uno de los consumos más altos de energía eléctrica en una estructura y es mediante la tecnología que se puede mejorar su eficiencia, reducir su costo y mejorar la calidad del servicio. Como se mencionó previamente, la iluminación representa el 11% de la energía empleada en edificios residenciales. (Cheng Y. , Fang, Yuan, & Zhu, 2020)

El Edificio BÔ, como se expuso en este trabajo, cuenta con características importantes de un edificio inteligente. Por ejemplo, cuenta con luminaria que puede ser regulada en luminosidad y conexiones eléctricas que permiten la inclusión de nuevas tecnologías para el incremento de la inteligencia del sistema. Es por este motivo que se ha buscado tomar ventaja de sus características actuales para diseñar una propuesta vanguardista y de gran flexibilidad de adaptación para el usuario.

En primer lugar, y el cambio más importante de la propuesta con respecto a la realidad actual de la edificación es la inclusión de sensores individuales de medición de luminosidad, las fotorresistencias. Estos elementos permiten que la intensidad de luz sea programada para controlarse sin la necesidad de una acción humana en función de las condiciones en tiempo real del espacio controlado.

En segundo lugar, mediante la propuesta planteada para el sistema de iluminación, las personas tendrían control absoluto sobre las luces de sus departamentos, pudiendo ajustarlas para un mayor confort visual, crear ambientes placenteros y ahorrar energía sin tener que estar pendiente del consumo.

Finalmente, el sistema planteado brinda al edificio una capacidad de respuesta ante diversas situaciones que mejora la calidad de vida e incrementa la seguridad física de las personas. Por ejemplo, mediante el mecanismo de emergencia por incendios o sismos, el edificio tiene la capacidad de responder de manera inmediata para encender las luces en zonas de evacuación y cortar la corriente en circuitos no esenciales para mitigar riesgos de fallas.

Es por esto que el sistema de iluminación presentado en este trabajo puede ser considerado de un nivel de inteligencia elevado. Cabe destacar, que su implementación, al ser un edificio residencial, dependería en gran parte de los intereses de cada propietario. Así también, el aprovechamiento del sistema y la reducción del consumo eléctrico dependerá en la forma de uso y personalización de cada usuario. Sin embargo, con la integración de las tecnologías planteadas se puede lograr un ahorro energético en este sistema de hasta un 40%, lo cual representa un ahorro global del 5% en cuanto a la energía utilizada por la edificación.

5.2.2 Power Management

La propuesta para el sistema eléctrico del Edificio BÔ se ve representada por el sistema de Power Management, para lo cual es importante reconocer las propiedades actuales del edificio y sus características para la inclusión de esta tecnología en la edificación.

En primer lugar, el edificio en estudio no cuenta actualmente con un sistema de monitoreo, control u optimización de la energía consumida a lo largo de la estructura. Este es un hecho tanto para los departamentos como para los equipos o sistemas generales del edificio. Sin embargo, es importante reconocer que los equipos y máquinas empleados en el Edificio BÔ son consideradas eficientes y de bajo consumo.

La propuesta de la inclusión del sistema de Power Management va dirigida no solo al ahorro energético, sino también a la facilidad de control y reconocimiento del estado de la maquinaria. Como se mencionó previamente en este capítulo, el sistema de Power o Energy Managment permite, entre otras cosas, el control de la circulación de energía en los distintos circuitos, la medición del consumo de cada circuito, el sistema de alerta cuando existen picos de consumo altos e incluso el reporte de uso de los aparatos y equipos electrónicos conectados de manera directa al panel.

Estas características y beneficios del uso de esta tecnología en el sistema de energía del edificio, brindaría la posibilidad de que se prolongue la vida útil de los elementos eléctricos instalados, así como se genere una conciencia en cuanto al consumo eléctrico por parte de los usuarios.

Por otro lado, la tecnología de Power Management y específicamente la propuesta en este trabajo comprendida por el panel QSN-4T16-S de Lutron ofrece la capacidad de compatibilización con distintos elementos, máquinas, circuitos y procesadores para ofrecer al cliente la facilidad, tanto de uso como de instalación, de tecnologías enfocadas a edificios inteligentes. De esta forma, la capacidad para personalizar los espacios, servicios y sistemas de forma independiente para cada departamento puede significar un potencial en la aceptación e interés de los usuarios.

Dicho esto, y en base a las especificaciones de la marca Lutron, fabricante del sistema PM propuesto, se estima que la energía en la edificación pueda llegar a tener un ahorro del 5 al 15% del consumo actual. Sin embargo, el mayor beneficio se obtiene del análisis de consumo de las

diversas máquinas y equipos, debido a que las personas pueden conocer de manera inmediata cuando un elemento consume demasiada energía y proseguir con el mantenimiento correspondiente. Esto, prolongaría la vida útil de diversos elementos del edificio.

5.2.3 Sistema contra incendios

El sistema contra incendios en una edificación, al igual que otros sistemas de seguridad física y cibernética, representa uno de los elementos más importantes al momento de diseñar una edificación. La salud e integridad de las personas, así como el confort, son los fines últimos de cualquier edificio residencial. Por esta razón, se decidió plantear una propuesta de inclusión de tecnologías para este sistema en el Edificio BÔ.

El edificio en estudio cuenta con un sistema de respuesta que ofrece un nivel de seguridad medio a los ocupantes del edificio. A pesar de contar con un sistema contra incendios tradicional en los estándares actuales, el edificio tiene integrados sensores de humo y de calor que ayudan a la detección de incendios y, por ende, la activación del sistema de alarma y respuesta. A pesar de ello, existen tecnologías viables que mejoran este sistema sin necesariamente representar una inversión importante en el presupuesto del proyecto.

En cuanto a la propuesta planteada, se puede dividir en dos secciones: la de detección de incendios y la prevención de los mismos. Esta división facilita el entendimiento de los beneficios de la propuesta planteada.

Para el caso de la detección contra incendios, la propuesta no contempla cambios en cuanto a los sensores de detección. Sin embargo, debido a la importancia de la alerta a los ocupantes de un edificio, se optó por emplear sensores inteligentes de calor y CO₂ con el fin de que estos no solo activen el protocolo de respuesta, sino que alerten a los ocupantes e indiquen la posición de detección exacta para que las personas puedan optar por la mejor ruta de evacuación.

Esta tecnología de sensores representa un incremento en la seguridad e integridad de una estructura sumamente alta. La capacidad de localizar un incendio en una estructura y de notificarlo a las personas, agiliza el sistema de evacuación, permite que los usuarios tomen decisiones sobre la ruta más apropiada de salida y, sobre todo, hace que los efectivos de respuesta, como bomberos o paramédicos, puedan responder de forma inmediata, sin pérdida de tiempo y evitar la prolongación del incendio.

Por otro lado, la propuesta planteada busca prevenir un incendio posible en el edificio en cuestión. Por un lado, los sensores sísmicos evitan completamente la probabilidad de que se produzca un siniestro a causa de un corto circuito durante un evento telúrico, como es común en algunas estructuras. Esta tecnología, incorporada al BMS de la estructura, asegura que los ocupantes no correrán un riesgo adicional, en este caso de incendio, durante un temblor de determinada magnitud.

De la misma manera, la prevención de fallas eléctricas en electrodomésticos, máquinas o equipos, puede resultar una amenaza para la edificación. El sistema planteado con PM mediante la detección de consumos elevados de energía prevé no solo el daño en equipos, pero también fallos eléctricos que eventualmente pueden provocar un incendio.

La propuesta planteada, por ende, se puede considerar de un alto nivel de inteligencia ya que evita la producción de incendios por situaciones puntuales, alerta a las personas de manera inmediata, localiza los incendios que puedan producirse y facilita el protocolo de respuesta.

5.2.4 Sistema de seguridad

Como se pudo apreciar en el Capítulo V del presente trabajo, la propuesta alternativa para el Edificio BÔ no contempló ninguna modificación en el sistema de seguridad en el edificio. Esto se debió a distintos hechos que se consideraron claves para decidir si el sistema era lo suficientemente inteligente para los fines buscados.

En primer lugar, el sistema de seguridad, de los que forman parte las cerraduras inteligentes, cámaras de vigilancia o sistemas de alerta, es un sistema que cumple con todos los requisitos más importantes a cumplir: este sistema brinda la capacidad a los usuarios de permitir o evitar el ingreso de personas al edificio y a los departamentos; se mantiene un registro de la fecha, hora y forma de ingreso; tiene la capacidad de monitorear en tiempo real el movimiento de las personas en espacios comunales; y guarda la privacidad de las personas sin afectar la eficiencia del sistema de seguridad como tal.

En segundo lugar, se debe reconocer que, aunque existen alternativas de tecnologías en el mercado que aumentarían el grado de inteligencia del sistema de seguridad, no necesariamente justifican su costo en el caso de estudio. Un ejemplo de esto es el reconocimiento facial, por ejemplo. Para incluir esta función en el edificio se debería cambiar las cámaras de seguridad a una

con capacidad de reconocer facciones faciales y, de igual manera, se debería contar con una computadora con la capacidad de filtrar datos de forma acelerada para identificar a una persona. Aunque esta función es innovadora y existen algunos edificios inteligentes en el mundo que la emplean, no se considera necesaria para el Edificio BÔ. Los edificios que las emplean, por lo general, tiene una gran afluencia de personas que se mantienen en movimiento constante a lo largo de la edificación, lo cual no es el caso en el Edificio BÔ al ser este residencial.

Se debe tomar en cuenta que las tecnologías empleadas en edificios inteligentes deben no solo incrementar el grado de inteligencia de una edificación, sino también aportar en la reducción de gastos y prevención de riesgos, lo cual justifica la inversión inicial en dichas tecnologías.

Finalmente, es importante resaltar que, en un edificio residencial, la facilidad de comunicación de los habitantes con el personal de seguridad resulta más importante que cualquier sistema automatizado. Esta necesidad se debe a que los usuarios del edificio tienen control independiente de su espacio y son capaces de reconocer riesgos de forma individual. Esta función de comunicación es posible en el edificio en estudio gracias al sistema de comunicadores instalados en todos los departamentos y a las aplicaciones móviles mediante las cuales las personas pueden no solo acceder a información de registros y videos, sino también comunicarse de forma directa con la guardianía o con otros usuarios.

Dicho esto, se puede afirmar que las tecnologías en materia de seguridad empleadas en el Edificio BÔ contemplan una solución práctica, eficiente y económica para dar solución a la seguridad del edificio y una modificación que busque incrementar de forma significativa el grado de inteligencia de este sistema no necesariamente es justificable en cuanto a gastos para el caso de estudio.

5.2.5 Sistema de telecomunicaciones

Al igual que el sistema de seguridad, el sistema de telecomunicaciones en el Edificio BÔ representa una alternativa que solventa las necesidades más importantes de los usuarios dentro de un espacio habitable.

Los comunicadores instalados en el edificio permiten al usuario comunicarse de manera rápida con otros propietarios o con la guardianía. Esto da lugar a una interacción fácil de llevar a cabo, eficiente e idónea para las necesidades a cubrir con el sistema.

De la misma forma, la capacidad de administración y organización de los espacios en el edificio se ve influenciada por el sistema de telecomunicaciones. Como se habló anteriormente, la reserva para uso de la terraza, el intercambio de información y el sistema de alertas se da lugar a través de dispositivos electrónicos en el edificio. Esto no solo hace eficiente la interacción y transferencia de información, sino también reduce de manera significativa los gastos operativos en comparación a un sistema tradicional de transferencia de información, como es el caso de los avisos físicos, correos electrónicos o alertas auditivas o visuales.

Es así como se llegó a la conclusión que el sistema de telecomunicaciones dentro del edificio tiene un grado de inteligencia suficiente para cubrir con las funciones requeridas manteniendo una eficiencia alta, reduciendo los gastos de operación y justificando la inversión inicial de este.

5.2.6 Sistemas Hidrosanitarios

La detección y reparación de fugas de agua es uno de los principales componentes para la conservación del agua en una edificación inteligente. En edificaciones sin sistemas de detección de fugas, muchas de estas son indetectables por largos periodos de tiempo antes de poder ser visibles y por ende, provocar daños en infraestructura de las edificaciones y generar cuantiosas pérdidas en consumo de agua. Se estima que las fugas de agua en edificaciones y viviendas representan el 10% en pérdidas de agua no contabilizada. Gracias a la implementación del sistema de detección de fugas de agua LEAKFILM en el Edificio BÔ se pretende contar con un control activo de fugas de agua con el fin de poder localizar y reducir las fugas no detectadas en la edificación. Esto se traduce en reducción en gran medida de pérdidas de consumo de agua, menor tiempo de acción y reparación de tuberías, así como un menor coste en reparaciones. De esta manera, se pretende se contabilice más del 95% del agua suministrada en la edificación.

La implementación de este tipo de sistemas de detección de fugas de agua se presenta como muy eficientes, pues al incorporar electroválvulas y sensores en cada una de las tuberías de la edificación en puntos estratégicos, se crea una mejor red de corte de agua, ya que no corta toda el agua de la edificación, sino solo donde se producen fugas.

El aprovechamiento de aguas lluvias y aguas grises del Edificio BÔ permite obtener un porcentaje considerable en la disminución de consumo de agua potable de la edificación. La red

de recolección de aguas lluvias del edificio permite recolectar hasta 1000 litros de aguas lluvias por medio de un sistema sencillo de recolección y fácil implementación, sin la necesidad de recurrir a un posterior tratamiento del agua, lo cual disminuye el coste de implementación de este sistema. Las aguas lluvias recolectadas, al ser almacenadas en la misma cisterna de agua grises tratadas, utilizarán la misma red de distribución de agua y estarán destinadas a riego de jardines, limpieza de baldosas y recarga de inodoros.

La red de reciclaje de aguas jabonosas y grises consiste en un diseño más complejo debido a los criterios de diseño para la recolección de estas aguas, su posterior tratamiento y finalmente, su distribución a lo largo del edificio. La implementación de este sistema de reciclaje de aguas grises permitirá tratar un estimado de 2250 litros diarios de aguas grises, de 2500 litros estimados producidos de aparatos sanitarios como lavabos, duchas y fregaderos. Es decir, el 90% de aguas grises recolectadas serán tratadas y redestinadas para la recarga de inodoros de todo el edificio. Si se toma en cuenta que, en el Ecuador, la Normativa NEC-2011 establece una dotación de 200 litros/habitante/día y se toma como promedio un total de 50 habitantes para el Edificio BÔ, la dotación diaria necesaria del edificio seria de 10000 litros, de los cuales, 2250 litros serian reciclados diariamente. Esto se traduce, por medio de una regla de tres, en un ahorro del 22.5% de agua para el edificio.

6. CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Como se mencionó en el Capítulo 3, en la Figura 5. Consumo de energía eléctrica por sectores 2010, el 36% de la demanda de energía en el Distrito Metropolitano de Quito corresponde al sector residencial, el 31% al sector industrial y el 19% al sector comercial y público. En la ciudad, el desempeño energético de las edificaciones está tomando un rumbo hacia el ahorro de energía y la eficiencia de los diversos sistemas que comprenden el edificio. Sin embargo, existe una carencia de normas e iniciativas públicas para la promoción de tecnologías para edificios inteligentes que impulsen el desarrollo de las edificaciones a través de los sistemas integrados. Estas iniciativas han sido adoptadas en países como Estados Unidos que impulsan las tecnologías y sistemas inteligentes para lograr un mejor desempeño energético de los edificios a través de códigos orgánicos como el National Electric Code, logrando un mejor desempeño global de sus edificios en cuanto a eficiencia energética.
- El Edificio BÔ, al ser inteligente, posee características favorables en cuanto a sistemas eléctricos, electrónicos y sanitarios. A pesar de que su sistema con mayor grado de integración en la edificación es la seguridad, cuenta con un sistema de calentamiento de agua, a través de bombas de calor de gran eficiencia, como se expuso en la sección 4.1.3 Descripción de las tecnologías y sistemas sanitarios. Así también, el edificio posee un sistema de administración automatizado y dispone de conexiones eléctricas aptas para una inclusión de sistemas inteligentes para el control energético según lo descrito en las secciones 4.1.1.1 y 4.1.2, lo cual lo convierten en un edificio con inteligencia de Grado II. Sin embargo, el presente trabajo logró demostrar que su inteligencia, seguridad, confort y economía puede mejorar mediante la instalación de nuevas tecnologías para edificios inteligentes, como es el caso del sistema de control de fugas de agua, control inteligente de la iluminación o la implementación de Power Management.
- Cuando se trata de la inclusión de tecnologías en edificios, como se mencionó en este trabajo, su viabilidad depende del costo de inversión inicial, interés de los usuarios y beneficios específicos de cada tecnología o sistema. En cuanto al ahorro energético, el sistema de iluminación inteligente planteado en este trabajo reduciría un 40% el consumo

de energía actual en este sistema, lo cual representa un 5% del consumo global, como se expuso en la sección 5.2.1. Así también, la inclusión de Power Management a través del panel QSN-4T16-S de Lutron lograría un ahorro de entre 5 y 15% del consumo global de energía en el edificio, como se abordó en la sección 5.2.2. De esta manera, el costo de los sistemas se justificaría a largo plazo mediante el ahorro de energía, recursos, seguridad y confort.

- Por medio de los sistemas de detección de fugas y pérdida de agua, se plantea en el Edificio BÔ reducir las pérdidas y el agua no contabilizada a menos del 10%, resultado estimado en la sección 5.2.6. Con esto, la implementación del sistema LEAKFILM se podría llegar a contabilizar más del 95% del agua suministrada a la edificación, es decir, reducir la brecha del 10% de agua no contabilizada a un 5% o menos.
- Como se estimó en el subcapítulo 5.1.3.3. Uso de aguas lluvias, la implementación de redes de reciclaje de aguas lluvias en el Edificio BÔ permitiría recolectar un volumen de hasta 1000 litros de agua lluvia, el cual, se podría ser destinado a diversos usos como riego de jardines, limpieza de baldosas y recarga de inodoros. Este sistema presentado resultaría sencillo, fácil de implementar y de bajo coste.
- El planteamiento de una red de reciclaje de aguas jabonosas y grises en el Edificio BÔ permitiría generar grandes beneficios en cuestión de ahorro hídrico en la edificación. El sistema planteado en la sección 5.1.3.4 Diseño de red de reciclaje de agua jabonosas y grises cuenta con un 90% de eficiencia en el tratamiento de aguas grises en relación al volumen producido. Un volumen estimado de 2250 litros de aguas grises podría llegar a tratarse diariamente siendo distribuida a lo largo de la edificación, lo que se traduce en un ahorro del 22.5% en comparación al estado actual del edificio, como se expuso en la sección 5.2.6.
- El planteamiento de mejoras en los sistemas hidrosanitarios, al igual que la implementación de redes de recolección de aguas lluvias y de reciclaje de aguas grises se presentan como alternativas viables capaces de generar un ahorro significativo del recurso agua en el Edificio BÔ, siendo una opción sostenible, ambiental y económicamente favorable.

6.2 Recomendaciones

- Es evidente que Quito es una ciudad que demanda de una reestructuración de estándares constructivos, de diseño y de implementación de tecnologías para promover el uso de tecnologías y mejorar la eficiencia de las edificaciones. Dichos estándares pueden, incluso, ser basados en iniciativas internacionales como el Instituto de Edificios Inteligentes de los Estados Unidos (IBI) y el Grupo Europeo de Edificios Inteligentes (EIBG), de los cuales se habló en el Capítulo 2.
- Incluso si algunas tecnologías no fueran aprovechadas al máximo por los usuarios, se podrían instalar en el edificio con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas. Este es el caso, por ejemplo, del sistema de Power Management en el sistema de administración del edificio, que teniendo un aprovechamiento mínimo y reduciendo en tan solo 5% el gasto de energía de la edificación, pueden prolongar de manera significativa la vida útil de máquinas, dispositivos y otras tecnologías empleadas. De esta manera, los costos de operación se reducirían sin la necesidad de realizar cambios en la rutina o programación de la administración global del edificio.
- Se debe tomar en cuenta que, aunque los porcentajes considerados de agua no contabilizada del Edificio BÔ se toman como directrices para el desarrollo del presente, una medida más significativa será el volumen real de agua perdida o no contabilizada de la edificación. De esta manera, se puede determinar la pérdida de ingresos y la rentabilidad de la aplicación de sistemas de fugas de aguas o cualquier otra medida correctiva.
- Si se analizara la posibilidad de implementar las tecnologías planteadas para el sistema de reciclaje de aguas jabonosas y grises es importante realizar estudios de la calidad del agua previa a su recolección y tratamiento con el fin de descartar cualquier producto nocivo en la misma que pueda interferir en la calidad final del agua. De igual manera, para garantizar la seguridad en la utilización de agua tratada y verificar la eficacia del tratamiento, se deben realizar controles analíticos periódicos posteriores al tratamiento de la misma.
- El análisis económico podría ser un tema interesante al estudiar los beneficios de la inclusión de las tecnologías planeadas en la propuesta integral para el Edificio BÔ. Gracias a los estudios y casos reales registrados en otros países, se puede estimar los beneficios que se obtendrán y, de esta manera, reconocer si una inversión es justificable a largo plazo.

- Es recomendable la comprobación y calibración de los sistemas y elementos de control del Edificio BÔ, cuando proceda, ya sea según las especificaciones del fabricante o realizar como mínimo un mantenimiento anual de los mismos, con el fin de que los sistemas funcionen con su máxima eficiencia. Mediante la inclusión de las tecnologías planteadas en la propuesta integral, esta programación y ajuste se puede realizar en gran parte de forma remota debido a la conectividad de las tecnologías propuestas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Honeywell International Inc. (2010). *SD505-AHS Addressable Heat Detector*. Northford.
- [INEN], I. E. (1984). *NTE INEN 1 152. Iluminación Natural de edificios. Requisitos*. Quito. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1152.pdf>
- Abdalsalam, A., Abdulsalam, M., & Abdulgani, A. (2015). Design and Fabrication of an Automatic Sprinkler Fire Fighting System. *Design and Modeling of Mechanical Systems - II* (págs. 41-49). Springer.
- Adunadepo, D. (febrero de 2016). *Artificial Intelligence for Sustainable Development of Intelligent Buildings*. Obtenido de Reaserch Gate: https://www.researchgate.net/publication/299437528_ARTIFICIAL_INTELLIGENCE_FOR_SUSTAINABLE_DEVELOPMENT_OF_INTELLIGENT_BUILDINGS
- Aguilar, J., Garcés, A., Gallego, N., Gutiérrez, J., Gómez, J., & García, A. (agosto de 2019). *A multi-HVAC system automatic management architecture for smart buildings*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/335418908_Autonomic_Management_Architecture_for_Multi-HVAC_Systems_in_Smart_Buildings
- Alfaro, R. F. (2014). *Calculo de instalaciones sanitarias urbanas y rurales*.
- Arciniegas, L. (2005). *CRITERIOS TECNOLÓGICOS PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS INTELIGENTES*. Obtenido de Universidad Rafael Belloso Chacín: <https://www.redalyc.org/pdf/784/78440202.pdf>
- Attarchi, S. (2014). *An Intelligent System for Energy-Efficient Lighting and Illuminance Control in Buildings*. Obtenido de Semantic Scholar: [emanticscholar.org/paper/An-intelligent-system-for-energy-efficient-lighting-Attarchi/1292ef166f2bfd670788095a4d4e3c6160ecc358](https://www.semanticscholar.org/paper/An-intelligent-system-for-energy-efficient-lighting-Attarchi/1292ef166f2bfd670788095a4d4e3c6160ecc358)
- Azud. (2022). *Azud*. Obtenido de www.azud.com
- Batov, E. (Diciembre de 2015). The distinctive features of “smart” buildings. *Procedia Engineering*, 103-107. Obtenido de The Distinctive Features of “Smart” Buildings: www.sciencedirect.com
- BELIMO. (2013). *Intelligent Energy Valve solve long-standing hydraulics problems*. Obtenido de BELIMO : https://www.belimo.com/mam/europe/marketing_communication/success-stories/Reports/eu_en-gb/belimo_energy-valve-meppen_report_en-eu.pdf
- Benavente, C., & Ibadah, N. (december de 2019). *ICT Technologies, Techniques and Applications to Improve Energy Efficiency in Smart Buildings*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/339995720_ICT_Technologies_Techniques_and_Applications_to_Improve_Energy_Efficiency_in_Smart_Buildings
- Benavete-Peces, C., & Ibadah, N. (7 de julio de 2020). *Buildings Energy Efficiency Analysis and Classification Using Various Machine Learning Technique Classifiers*. Obtenido de Energies: <file:///C:/Users/User/Downloads/energies-13-03497.pdf>
- Bipat, C. (18 de noviembre de 2020). *How Artificial Intelligence Improves HVAC Performance*. Obtenido de NEWYORK ENGINEERIRS: <https://www.ny-engineers.com/blog/how-artificial-intelligence-improves-hvac->

performance#:~:text=Artificial%20intelligence%20has%20promising%20applications,the%20low est%20possible%20energy%20consumption.

- Boca, R., & Radulescu, R. (mayo de 2019). *Smart Building Solutions - A "Security by Design" Approach*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/333395829_SMART_BUILDING_SOLUTIONS_-_A_SECURITY_BY_DESIGN_APPROACH
- Bourhnane, S., Riduan, M., Lghoul, R., Zine, K., Elkamoun, N., & Benhaddou, D. (2020). *Machine learning for energy consumption prediction and scheduling in smart buildings*. Obtenido de SpringerLink: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-020-2024-9>
- Buntz, B. (26 de septiembre de 2019). *Samrt Building Technology to Kepp People and Assets Safe*. Obtenido de IoT World Today: <https://www.iotworldtoday.com/2019/09/26/smart-building-technology-to-keep-people-and-assets-safe/>
- Carmona, R. P. (2010). *Instakaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones*. Bogota.
- Castellanos, X., & Zumba, J. (21 de octubre de 2018). *Plan de Negocios: Proyecto Edificio Bô*. Obtenido de Universidad San Francisco de Quito USFQ: <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/7628>
- Cheng, Y., Fang, C., Yuan, J., & Zhu, L. (29 de noviembre de 2020). *Design and Application of a Smart Lighting System Based on Distributed Wireless Sensors Networks*. Obtenido de Applied Sciences: <file:///C:/Users/User/Downloads/applsci-10-08545.pdf>
- Cheng, Y., Fang, C., Yuan, J., & Zhu, L. (noviembre de 2020). *Design and Application of a Smart Lighting System Based on Distributed Wreless Sensor Networks*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/347252561_Design_and_Application_of_a_Smart_Lighting_System_Based_on_Distributed_Wireless_Sensor_Networks
- Chidichimo, M., & Oates, A. (2015). *The Impact of Power Management on Building Performance and Energy Cost*. Obtenido de Schneider Electric: https://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=998-2095-11-23-15AR0_EN
- Chinchero, H., Alonso, M., & Ortiz, H. (8 de febrero de 2021). *Sistema de iluminación LED con control magnético e integración de sortores IoT para edificios inteligentes*. Obtenido de Construable: <https://www.construible.es/comunicaciones/comunicacion-sistema-iluminacion-led-control-magnetico-integracion-sensores-iot-edificios-inteligentes>
- Comisión de Normalización Europea. (2002). *Norma Europea sobre la iluminación para interiores*. Obtenido de ACADEMIA: https://www.academia.edu/43950595/Norma_europea_sobre_la_iluminaci%C3%B3n_para_interiores
- CONELEC. (2013). *Volumen 4-Aspectos de sustentabilidad y sostenibilidad social y ambiental*.
- Distrito Metropolitano de Quito. (2014). *Plan de acción para la reducción de las Huellas*. Quito.
- Djenouri, Djamel; Laidi, Roufaida; Djenouri, Youcef; Balasingham, Ilangko. (2018). *Machine Learning for Smart Building Applications: Review and Taxonomy*. Obtenido de Norwegian University of

- Science and Technology : https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2626259/SurveyML_SmartBuildings_V25.pdf
- Electric Locking Systems Ltd. (july de 2018). *How Does a Magnetic Lock Work?* Obtenido de Electric Locking Systems Ltd.: <https://www.electriclock.net/how-does-a-magnetic-lock-work/>
- Empresa Electrica Quito. (2012). *Determinación de los usos finales de la energia en el sector residencial*.
- ESPAÑA, A. (2016). *Guía Técnica de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios*. España.
- Espinal, C. M., Ocampo, D., & Rojas, J. D. (2014). *CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL SISTEMA DE RECICLAJE DE AGUAS GRISES EN EL HOGAR*. Pereira.
- Fabi, V., Spigliantini, G., & Corgnati, S. (septiembre de 2016). *Insights on Smart Home concept and occupants interaction with building constrols*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/315924967_Insights_on_Smart_Home_Concept_and_Occupants'_Interaction_with_Building_Controls
- Fermax Professional. (s.f.). *Lector de Proximidad/Teclado*. Obtenido de Fermax Professional: <https://www.fermax.com/spain/pro/productos/control-de-accesos/SF-31-proximidad/PR-1403-lector-proximidadteclado-city.html>
- Freitas, D., & Cardoso, B. (2017). *Improving the Consumption and Water Heating efficiency in Smart Buildings*. Obtenido de IoT-Day: <http://www.iot-day.com/anexos/inc180522205527.pdf>
- Fuchtenhans, M., Grosse, E., & Glock, C. (febrero de 2021). *Smart lighting systems: State-of-art ans potential applications in warehouse order picking*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/349635956_Smart_lighting_systems_State-of-the-art_and_potential_applications_in_warehouse_order_picking
- Gibberd, J. (enero de 2009). *Green Building Handbook for South Africa Chapter: Building Envelope and Water Conservation*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/30511221_Building_envelope
- Global Alliance for Buildings and Construction . (2016). *Global Status Report 2016: Towards Zero-emission Efficient and Resilient Buildings*. Obtenido de United Nations: <https://www.unep.org/resources/report/global-status-report-2016-towards-zero-emission-efficient-and-resilient-buildings>
- Google. (2022). *Nest Protect technical specifications*. Obtenido de Google Nest Help: <https://support.google.com/googlenest/answer/9229922?hl=en#zippy=%2Cnd-gen-nest-protect>
- Grupo ID Soft. (s.f.). *Chapas Electromagnéticas*. Obtenido de Grupo ID Soft: <https://idsoft.com.mx/inicio/control-de-acceso/chapas-electromagneticas/>
- Haraoubia, B. (2018). *Nonlinear Electronics 1*. London: Elsevier Ltd.
- Harper, E. (2004). *El ABC de las instalaciones de gas, hidráulicas y sanitarias*. Mexico: Editorial Limusa.

- HID Global Corporation. (Septiembre de 2016). *EntryProx User Manual*. Obtenido de EOS: <https://www.eos.com.au/pub/media/doc/hid/4045-905-c-4-entryprox-user-manual-en.pdf>
- Honeywell. (2019). *Seismic Sensor SC100*. Obtenido de Honeywell Comercial Security: <https://www.security.honeywell.com/product-repository/sc100>
- IGI Global . (2021). *What is Intelligent Building*. Obtenido de IGI Global: <https://www.igi-global.com/dictionary/gesture-driven-system-for-intelligent-building-control/15019>
- Intosh, A. M. (2014). *Partnering for solutions: ICTs in Smart Water Management*.
- Iwayemi, A., Wanggen, W., & Chi, Z. (1 de agosto de 2011). *Energy Management for Intelligent Buildings*. Obtenido de INTECHOPEN: <https://www.intechopen.com/chapters/17055>
- Kaneshiro, P., Villani, E., & Miyagi, P. (enero de 2006). *Modeling of fire protection systems in intelligent buildings*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/228668001_Modeling_of_Fire_Protection_Systems_in_Intelligent_Buildings
- Kejriwal, S., & Mahajan, S. (2016). *Smart buildings: How IoT technology aims to add value for real estate companies*. Obtenido de Deloitte Unlverlty Press: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/real-estate/deloitte-nl-fsi-real-estate-smart-buildings-how-iot-technology-aims-to-add-value-for-real-estate-companies.pdf>
- Khare, P. (2022). *Intelligent Fire Alarm Systems for New Age Smart Buildings*. Obtenido de NBM&CW : <https://www.nbmcw.com/article-report/others/intelligent-fire-alarm-systems-for-new-age-smart-buildings.html>
- Khodadadi, F., & Buyya, R. (marzo de 2017). *Internet of the Things: An Overview*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/315456657_Internet_of_Things_An_Overview
- Koenigshofer, D., Murphy, J., & Grondzik, W. (2013). *HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics*. Obtenido de ASHRAE: https://www.academia.edu/14124488/HVAC_Design_Manual_for_Hospitals_and_Clinics_Second_Edition
- Kolokotsa, D. (15 de marzo de 2016). *The role of smart grid in the buildig sector*. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778815005447>
- Kralikova, R., & Piňosova, M. (march de 2016). *Lighting Quality and its Effects on Productivity and Human Healts*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/308032041_Lighting_Quality_and_its_Effects_on_Productivity_and_Human_Healts
- Krishnan, S., Anjana, M., & Rao, S. (noviembre de 2017). *Security Considerations for IoT in Smart Buildings*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/328817861_Security_Considerations_for_IoT_in_Smart_Buildings

- Laboratorio de Ingeniería Sísmica. (9 de enero de 2014). *Proponen un sistema de monitoreo sísmico para edificios*. Obtenido de Agencia Iberoamericana para la difusión de la ciencia y la tecnología : <https://www.dicyt.com/noticias/proponen-un-sistema-de-monitoreo-sismico-para-edificios>
- Lashkari, B., Chen, Y., & Musilek, P. (21 de agosto de 2019). *Energy Management for Smart Homes - State of the Art*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/335315940_Energy_Management_for_Smart_Homes-State_of_the_Art
- Liu, Z., Makar, J., & Kim, A. (2002). *Development of fire detection systems in the intelligent building*. Obtenido de Institute for Research in construction: <http://seedengr.com/Development%20of%20fire%20detection%20systems%20in%20the%20intelligent%20building.pdf>
- LUTRON. (2022). *LUTRON*. Recuperado el 2022, de LUTRON: <https://www.lutron.com>
- MIDUVI. (2011). *NEC-11. Capítulo 16. Norma Hidrosanitaria NHE*. Quito.
- MIDUVI. (2018). *NEC – HS - EE – EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES*. Quito.
- MIDUVI. (2018). *NEC–SB-IE–INSTALACIONES ELÉCTRICAS*. Quito.
- Miralles, C. (septiembre de 2006). *Control y Gestión Integrada de un Edificio Inteligente para Oficinas*. Obtenido de Universitat Rovira I Virgili: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/520pub.pdf>
- Monteiro, M., Kowal, C., Azevedo, A., Naked, A., Hammad, A., & Pereira, C. (2 de septiembre de 2020). *Smart Buildings: Systems and Drivers*. Obtenido de Buildings: [file:///C:/Users/User/Downloads/buildings-10-00153%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/buildings-10-00153%20(1).pdf)
- Moreno, V., Dufour, L., Skarmeta, A., Jara, A., Genoud, D., Ladevie, B., & Bezian, J. (7 de noviembre de 2018). *Big data: the key to energy efficiency in smart buildings*. Obtenido de HAL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01620293/file/big-data.pdf>
- Morrison, G. (enero de 2006). *Heat pump water heater*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/313638201_Heat_pump_water_heaters
- Navarrete, J. (enero de 2005). *Análisis de los sistemas de comunicación utilizados para la implementación de las aplicaciones de la domótica*. Obtenido de Escuela Politécnica Nacional: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5042/1/T2409.pdf>
- Office of the Federal Environmental Executive. (18 de septiembre de 2003). *The federal Commitment to Green Building: Experiences and Expectations*. Obtenido de US Office of the Federal Environmental Executive : https://www.wbdg.org/files/pdfs/fgb_report.pdf
- Osama, O. (27 de noviembre de 2018). *Intelligent buildings, definition, factors and evaluation criteria of selection*. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016818300887#b0065>
- Palencia, S. M. (2021). *Vulnerabilidades en edificios inteligentes*. Cataluña.

- Plastigama. (2019). *Plastigama*. Recuperado el 2022, de plastigamawavin.com
- Productos Nacobre S.A. (s.f.). Tuberías de temple rígido. En *Manual Técnico Nacobre* (pág. 2).
- Ramírez, A. (2008). *Edificios Inteligentes - Edificios Verdes*. Obtenido de Memorias 2008 Congreso Nacional de Administración y Tecnología para la Arquitectura, Ingeniería y Diseño: https://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx/publicaciones/memorias_cong2008/5.pdf
- Randall, L. (23 de septiembre de 2017). *A Comprehensive Guide to Home Energy Management System*. Obtenido de Sustainable: <https://sustainable-now.eu/guide-to-home-energy-management-systems/>
- Reyes, M. C., & Rubio, J. J. (2014). *DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS*.
- Romero, L. P. (2019). *METODOLOGÍA PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS LLUVIAS Y GRISES EN EDIFICACIONES*. Bogota.
- S&P. (9 de junio de 2017). *Detectores de humo: ¿qué son y cómo funcionan?* Obtenido de S&P: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/detectores-de-humo-que-son/>
- Salazar, C. (mayo de 2016). *Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Technologies, Application & Future Challenges*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/330425585_Internet_of_Things-IOT_Definition_Characteristics_Architecture_Enabling_Technologies_Application_Future_Challenges
- Schneider Electric. (2017). *Smart Working: Smart Buildings and Future of Work*. Obtenido de Schneider Electric: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=White+Paper&p_File_Name=Smart+Working_English.pdf&p_Doc_Ref=Smartworking-edificios-intelig
- Schneider Electric. (7 de feb de 2018). *How unlocking the potential of a smart building can reduce cost and boost business*. Obtenido de CNBC: <https://www.cnbc.com/advertorial/2018/02/07/how-unlocking-the-potential-of-a-smart-building-can-reduce-cost-and-boost-business.html>
- Securiton. (s.f.). *Detectores de temperatura*. Obtenido de Securiton: <https://www.securiton.com/es/productos/deteccion-de-incendios/detectores-de-incendios/detectores-de-temperatura.html>
- Shahanas, M. (2016). Framework for a smart water management system in the context of smart city initiatives in. *2nd International Conference on Intelligent Computing, Communication & Convergence*, (págs. 142-147).
- Singh, G., Vedralnam, A., & Sagar, D. (febrero de 2013). *AN OVERVIEW OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/236346414_AN_OVERVIEW_OF_ARTIFICIAL_INTELLIGENCE

- Sinopoli, J. (2010). Brief History. En J. Sinopoli, *Smart Buildings systems for Architects, Owners, and Builders* (págs. 1-2). ELSEVIER.
- Sinopoli, J. (2010). *Smart Building Systems for Architects, Owners, and Builders*. Obtenido de ELSEVIER: http://khavaran-bt.com/upload/files/9781856176538_Smart_Buildings_Systems_for_Architects_Owners_and_Builders.pdf
- Sinopoli, J. (2016). *Advanced Technology for Smart Buildings*. Artech House.
- Soza, L. C. (2007). *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. Guatemala.
- Stoss, F. (1995). *Earth Day 1970-1995: An Information Prespective*. Obtenido de Electronic Green Journal: <https://escholarship.org/content/qt8nt2x0xk/qt8nt2x0xk.pdf>
- System Sensor. (2021). *System Smoke Detectors*. Obtenido de System Sensor : https://www.systemsensor.com/en-us/Documents/System_Smoke_Detectors_AppGuide_SPAG91.pdf
- Vivienda, M. d. (2006). *Código Tecnico de la Edificación* . Madrid.
- Wang, S. (2010). *Intelligent Buildings and Building Automation*. New York: Spon Press.
- Wellener, P., Michalik, J., Manolian, H., & James, G. (2018). *Smart Buildings: Four considerations for creating people centered smart, digital workplaces*. Obtenido de Deloitte Insights: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/br/Documents/financial-services/DI_Smart-buildings.pdf
- Wigginton, M., & Harris, J. (2002). *Intelligent Skins*. Oxfordshire: Gray Publishing.
- World Green Building Council. (2017). *Health, Wellbeing and Productivity in Offices*. Obtenido de World Green Building Council: https://www.ukgbc.org/wp-content/uploads/2017/09/Health20Wellbeing20and20Productivity20in20Offices20-20The20next20chapter20for20green20building20Full20Report_0.pdf

8. ANEXOS



D.M. Quito, 02 de diciembre de 2020

CARTA DE AUTORIZACIÓN

A QUIEN CORRESPONDA

Yo, Eric Armendariz Augeraud, con el documento de cedula de ciudadanía N° 1708253289, autorizo a los señores Nicolás Mantilla Morales con cedula de ciudadanía N° 1723122527 y al señor Paul Francisco Puertas Santamaría con cedula de ciudadanía N° 1720357662 el uso de datos e información del EDIFICIO BÔ para poder ser utilizada en su trabajo de disertación llamado “Análisis comparativo de tecnologías implementadas en la construcción del edificio BÔ con una propuesta alternativa de tecnología aplicable para edificaciones inteligentes”.

Gracias por la atención prestada.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**ERIC
ARMENDARIZ**

Ing. Eric Armendariz Augeraud

C.C. 1708253289

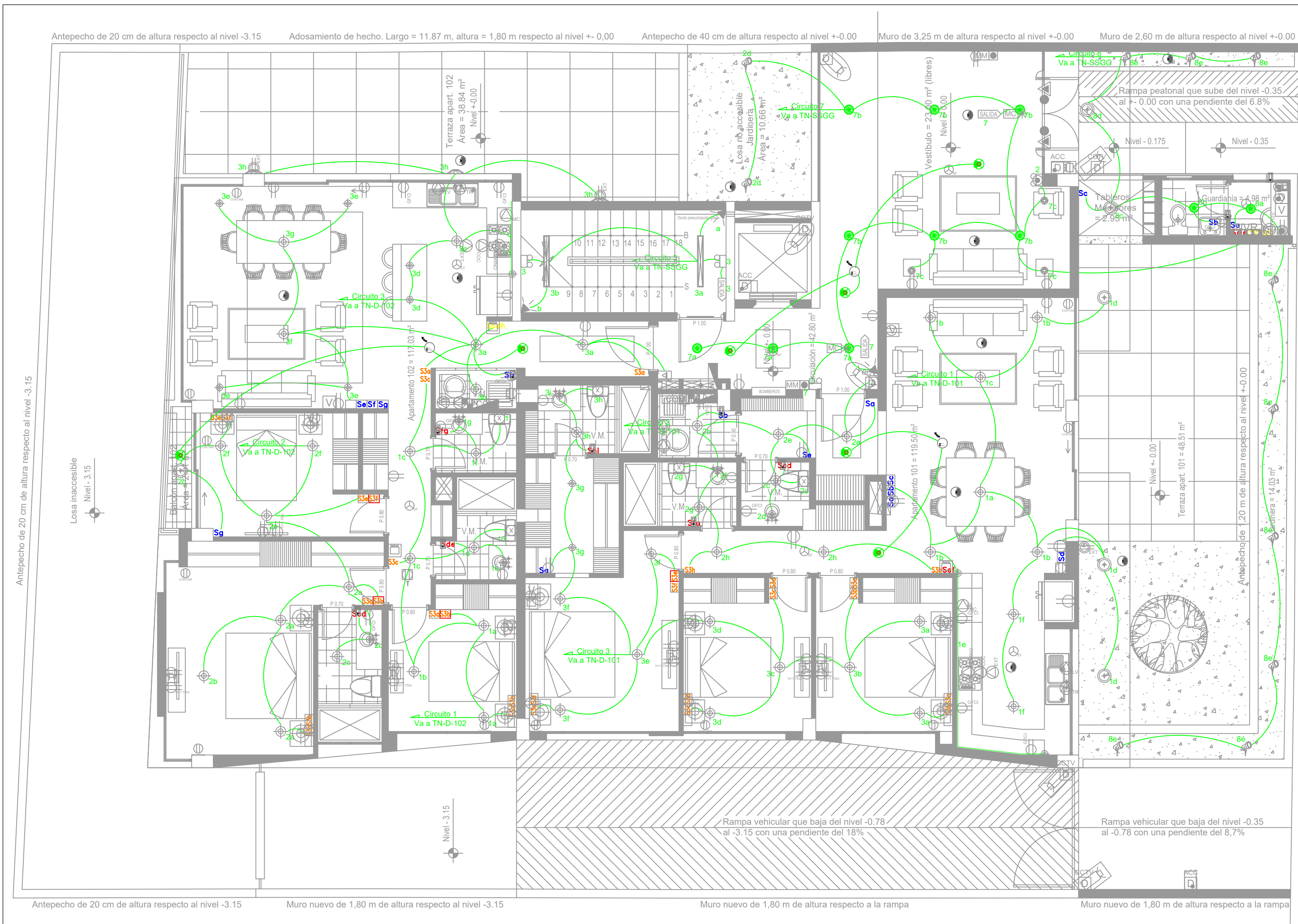
Teléfono: 0987002880

CONSTRUCTORA **ARMENDARIZ** AUGERAUD

WWW.AACONSTRUCTORA.COM



**PRESENTACIÓN DE PLANOS CON SISTEMAS DE EDIFICIOS
INTELIGENTES**



Acera Publica

ILUMINACION	
GRAFICO	DESCRIPCION
	LUMINARIA HERMETICA 2X18W T8
	OJO DE BUEY LED 16W RECESADA
	LUMINARIA TIPO DICOICO DIRIGIBLE LED 1X7W
	PUNTO DE ILUMINACION INTERIOR caja octogonal en losa
	LUMINARIA TIPO CILINDRO SOBREPUESTO 20W
	LUMINARIA TIPO ESTACA DE JARDIN 10W
	LUMINARIA REFLECTOR SOBREPUESTO 16W
	LUMINARIA TIPO APLIQUE DE PARED PARA EXTERIOR
	PUNTO PARA MANGUERA LED BAJO MUEBLES ALTOS COCINA
	PUNTO PARA EXTRACTOR MECANICO EN BAÑOS
	SENSOR DE MOVIMIENTO 180°
Sa	INTERRUPTOR SIMPLE cajetin rectangular profundo h=1.1m
Sde	INTERRUPTOR DOBLE cajetin rectangular profundo h=1.1m
Sbcd	INTERRUPTOR TRIPLE cajetin rectangular profundo h=1.1m
S3c	INTERRUPTOR CONMUTADO SIMPLE cajetin rectangular profundo h=1.1m
S4a	INTERRUPTOR DE 4 VIAS cajetin rectangular profundo h=1.1m
	CAJA GANG (especificado en planos)
	Sensor de ocupación de Techo 500 pies tecnología dual
	Sensor de luz natural RF
	Switch con sensor 5A
	Módulo de sensores



Pontificia Universidad Catolica del Ecuador
Facultad de Ingeniería
Escuela de Civil

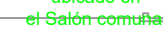
PROYECTO: Propuesta integral de alternativas para sistemas de iluminación del Edificio B0

CONTIENE: Sistema de iluminación inteligente. Planta Baja

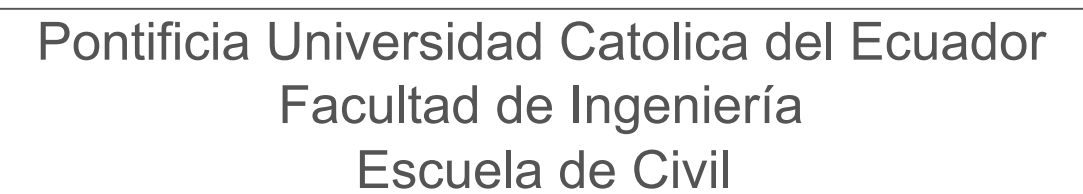
REALIZADO POR:
Nicolas Mantilla
Paul Puertas

LÁMINA:
EE-01/3

ESCALA:
1/75



	Sensor de ocupación de Techo 500 pies tecnología dual
	Sensor de luz natural RF
	Switch con sensor 5A
	Módulo de sensores

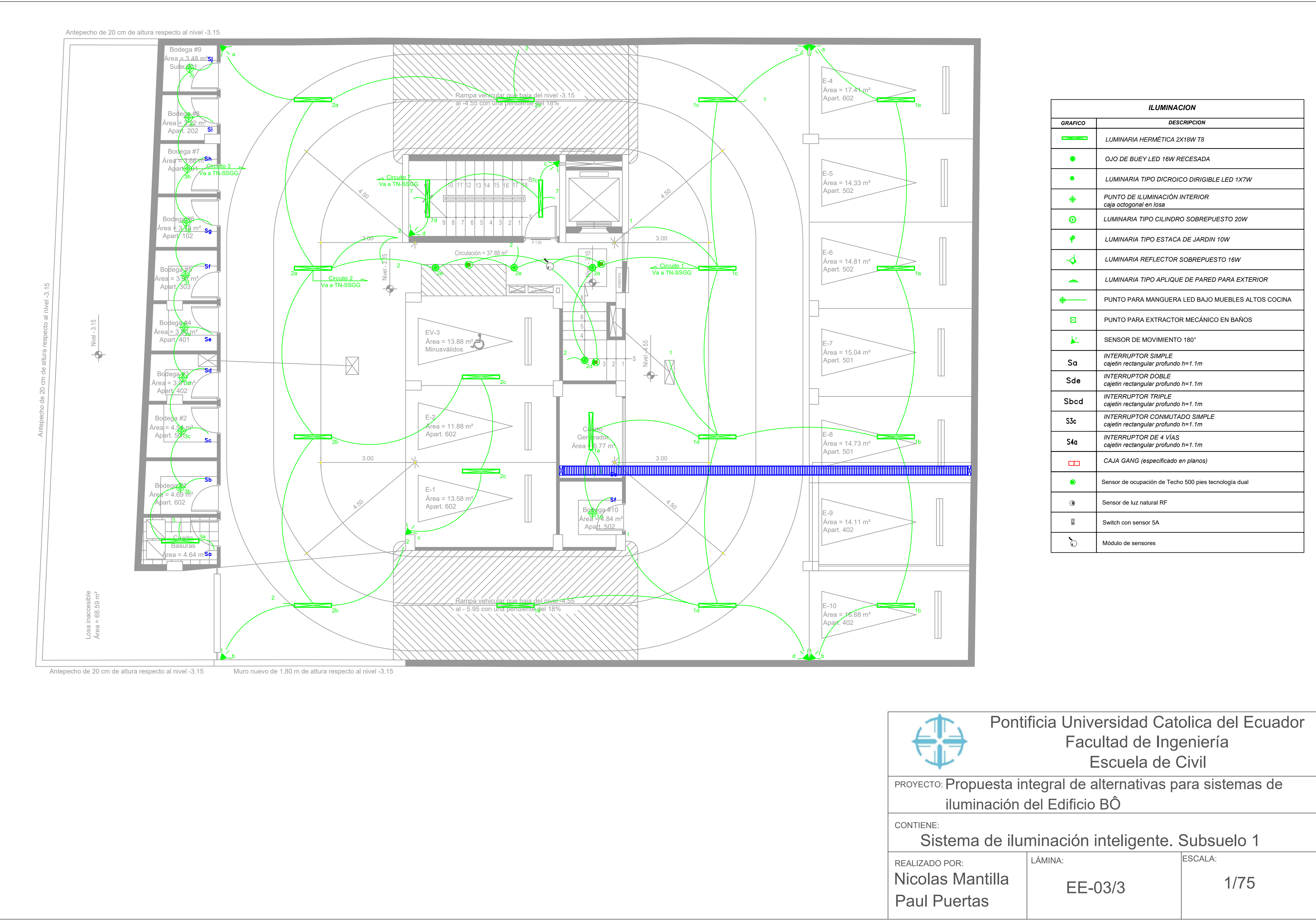


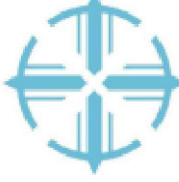
CONTIENE:

Sistema de iluminación inteligente. Terraza

ESCALA:

1/75





Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería

Escuela de Civil

PROYECTO:

Propuesta integral de alternativas para sistemas de iluminación del Edificio BÔ

CONTIENE:

Sistema de iluminación inteligente. Subsuelo 1

REALIZADO POR:

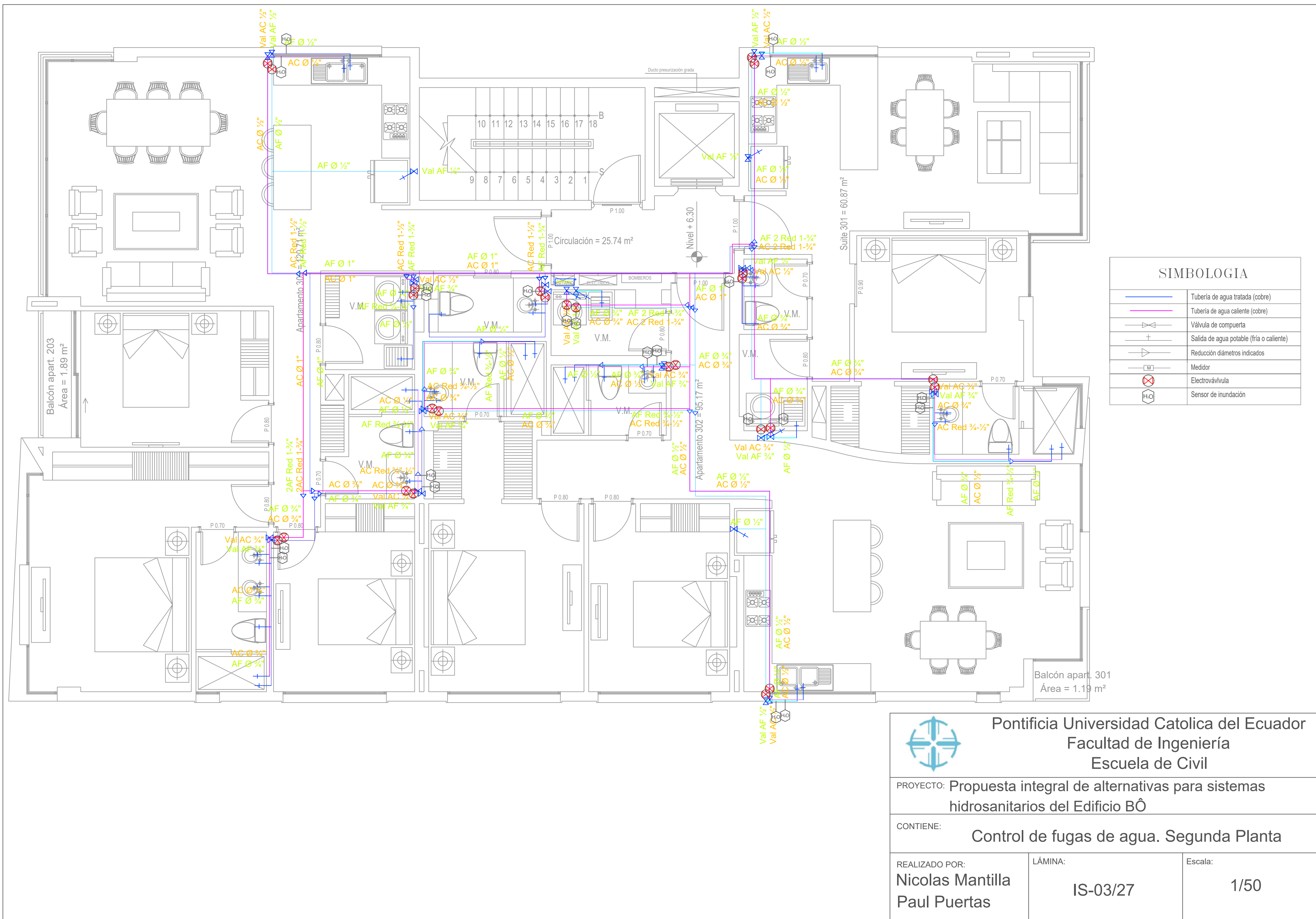
Nicolas Mantilla
Paul Puertas

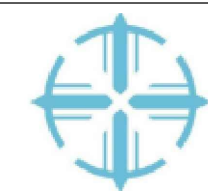
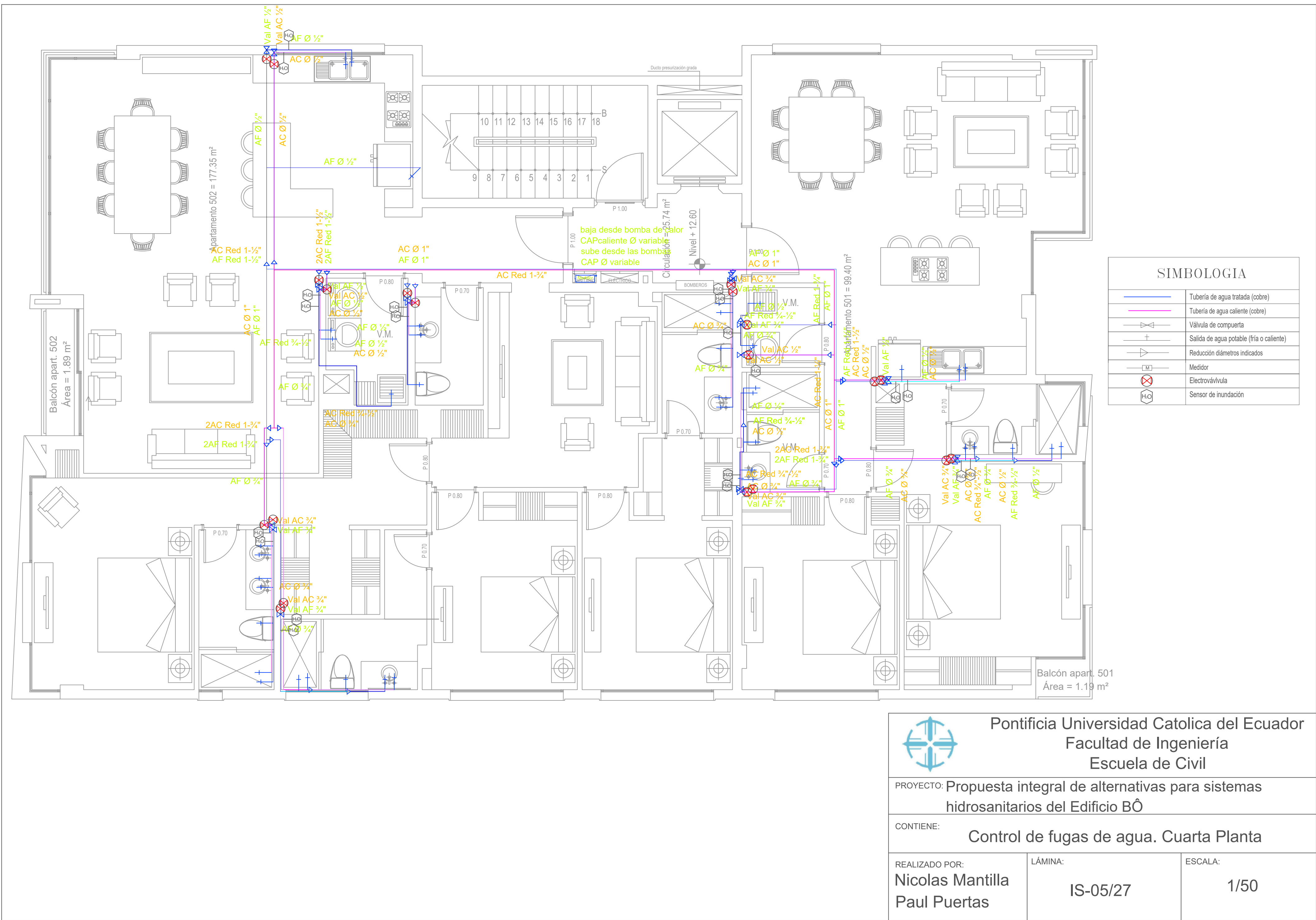
LÁMINA:

EE-03/3

ESCALA:

1/75





Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ingeniería
Escuela de Civil

PROYECTO: Propuesta integral de alternativas para sistemas
hidrosanitarios del Edificio BÔ

CONTIENE: Control de fugas de agua. Cuarta Planta

REALIZADO POR:
Nicolas Mantilla
Paul Puertas

LÁMINA:
IS-05/27

ESCALA:
1/50



SIMBOLOGIA	
	Tubería de agua tratada (cobre)
	Tubería de agua caliente (cobre)
	Válvula de compuerta
	Salida de agua potable (fría o caliente)
	Reducción diámetros indicados
	Medidor
	Electroválvula
	Sensor de inundación



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ingeniería
Escuela de Civil

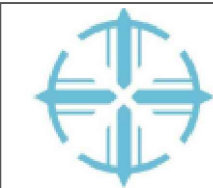
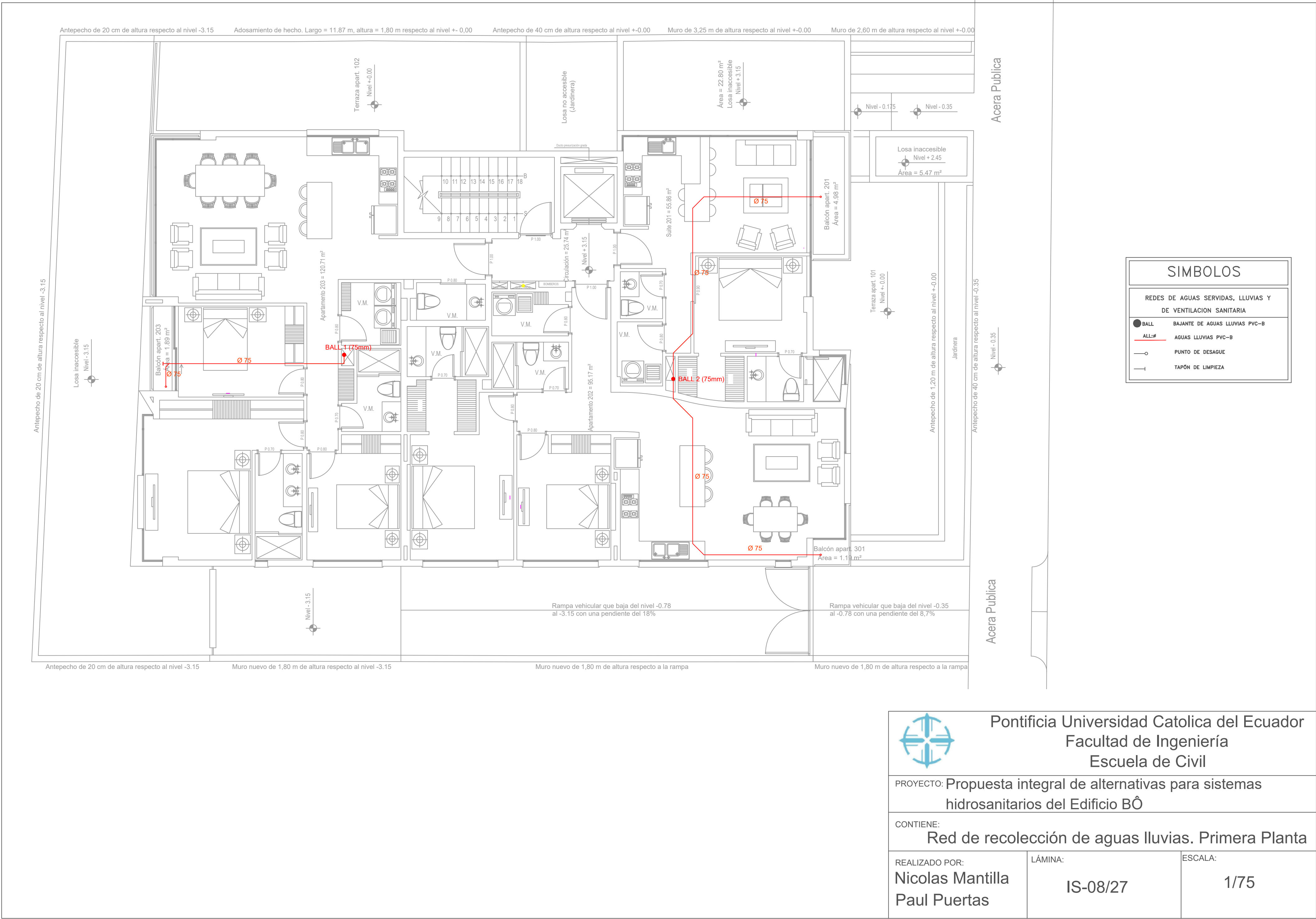
PROYECTO: Propuesta integral de alternativas para sistemas
hidrosanitarios del Edificio BÔ

CONTIENE: Control de fugas de agua. Quinta Planta

REALIZADO POR:
Nicolas Mantilla
Paul Puertas

LÁMINA:
IS-06/27

ESCALA:
1/50



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ingeniería
Escuela de Civil

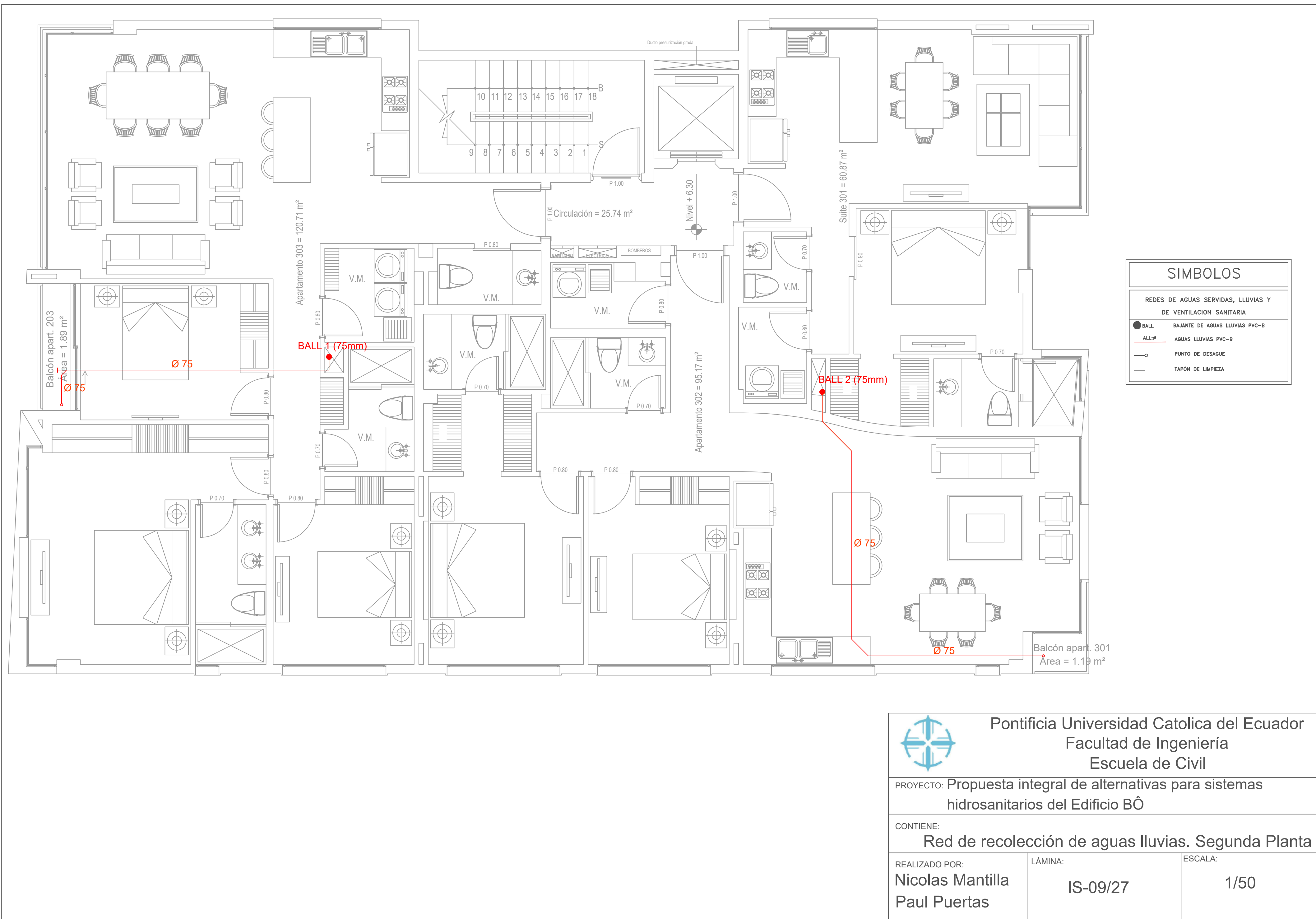
PROYECTO: **Propuesta integral de alternativas para sistemas hidrosanitarios del Edificio BÔ**

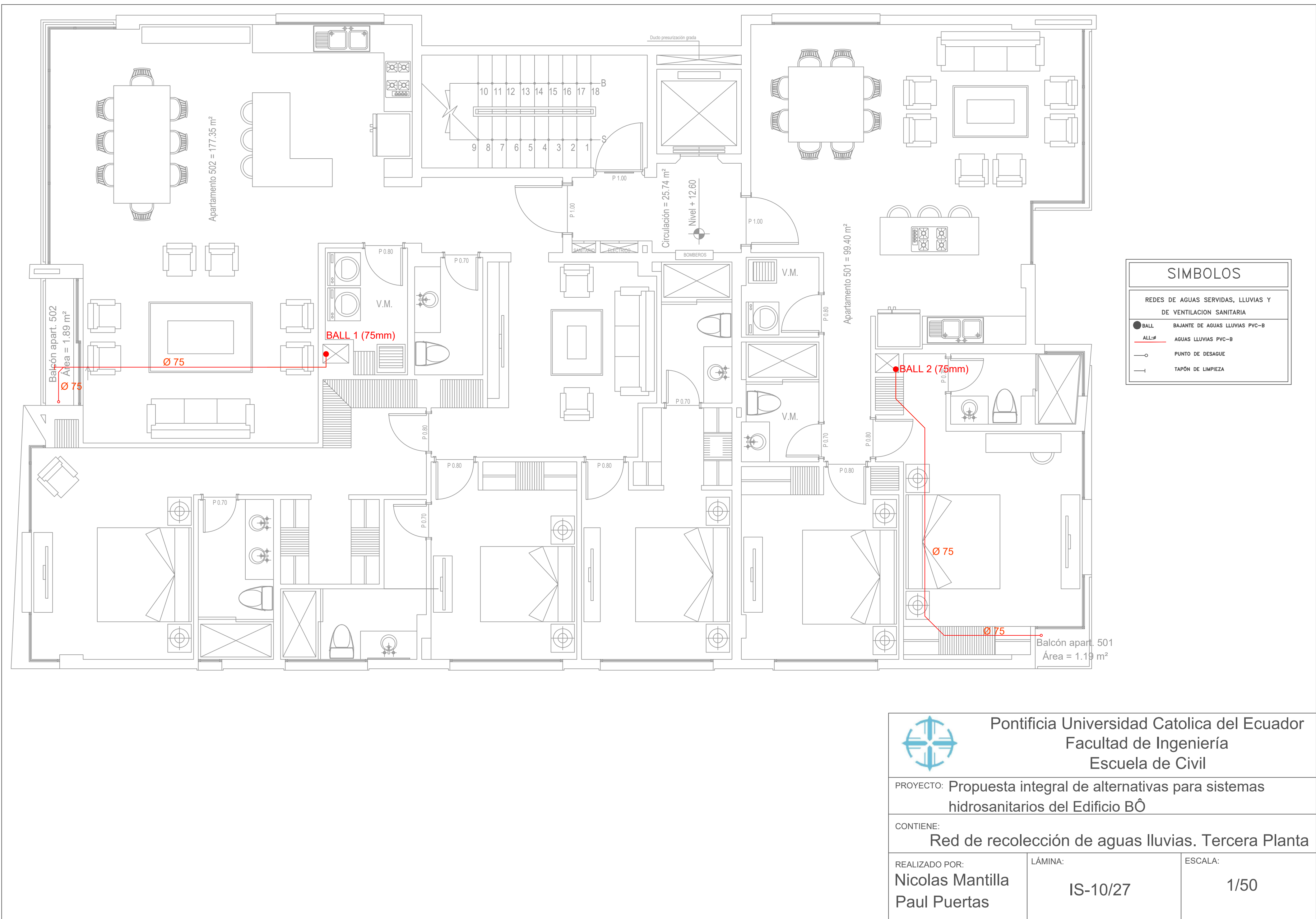
CONTIENE: **Red de recolección de aguas lluvias. Primera Planta**

REALIZADO POR:
**Nicolas Mantilla
Paul Puertas**

LÁMINA:
IS-08/27

ESCALA:
1/75





Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ingeniería
Escuela de Civil

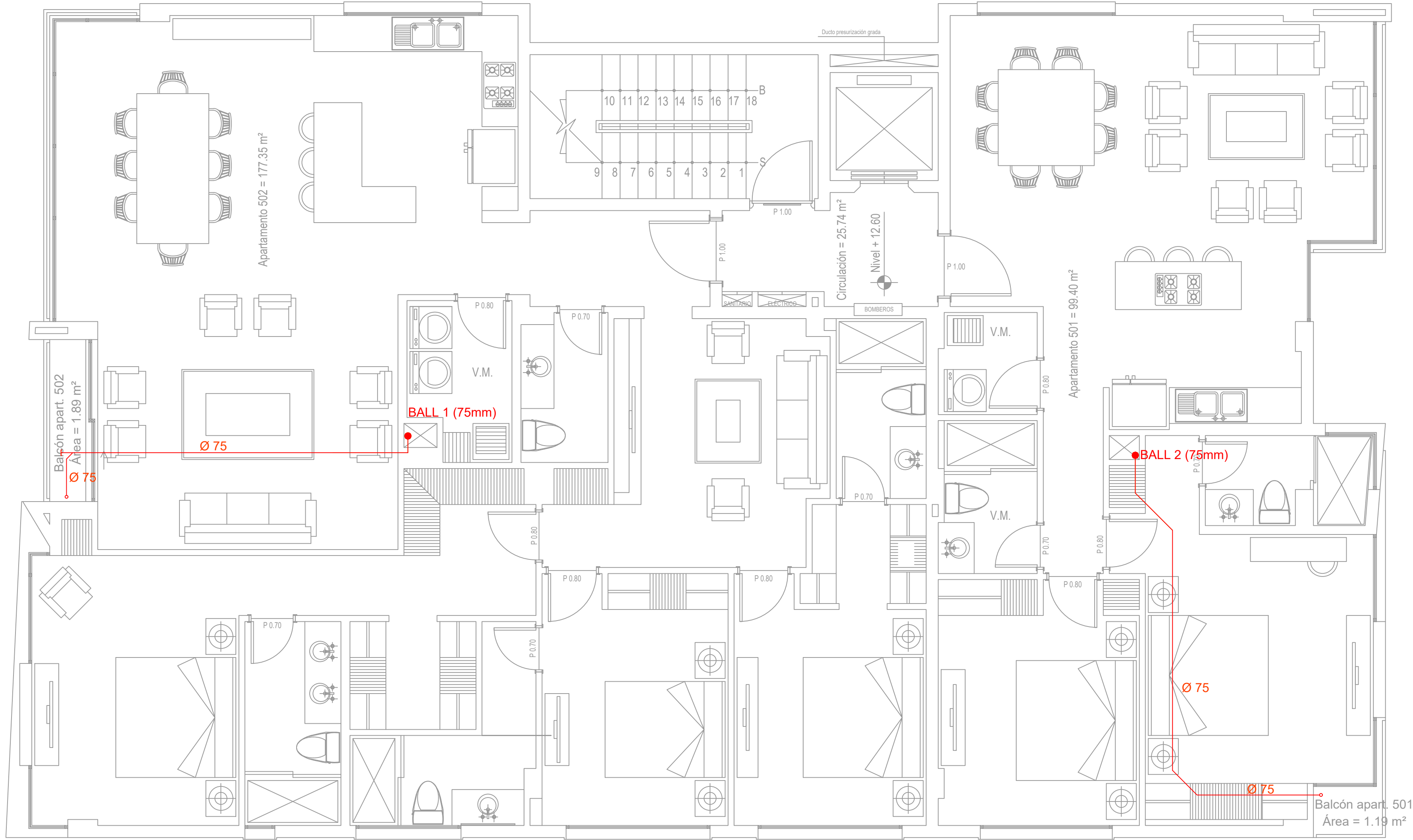
PROYECTO: Propuesta integral de alternativas para sistemas
hidrosanitarios del Edificio BÔ

CONTIENE: Red de recolección de aguas lluvias. Tercera Planta

REALIZADO POR:
Nicolas Mantilla
Paul Puertas

LÁMINA:
IS-10/27

ESCALA:
1/50



SIMBOLOS	
REDES DE AGUAS SERVIDAS, LLUVIAS Y DE VENTILACION SANITARIA	
	BAJANTE DE AGUAS LLUVIAS PVC-B
	AGUAS LLUVIAS PVC-B
	PUNTO DE DESAGUE
	TAPON DE LIMPIEZA



Pontificia Universidad Catolica del Ecuador
Facultad de Ingeniería
Escuela de Civil

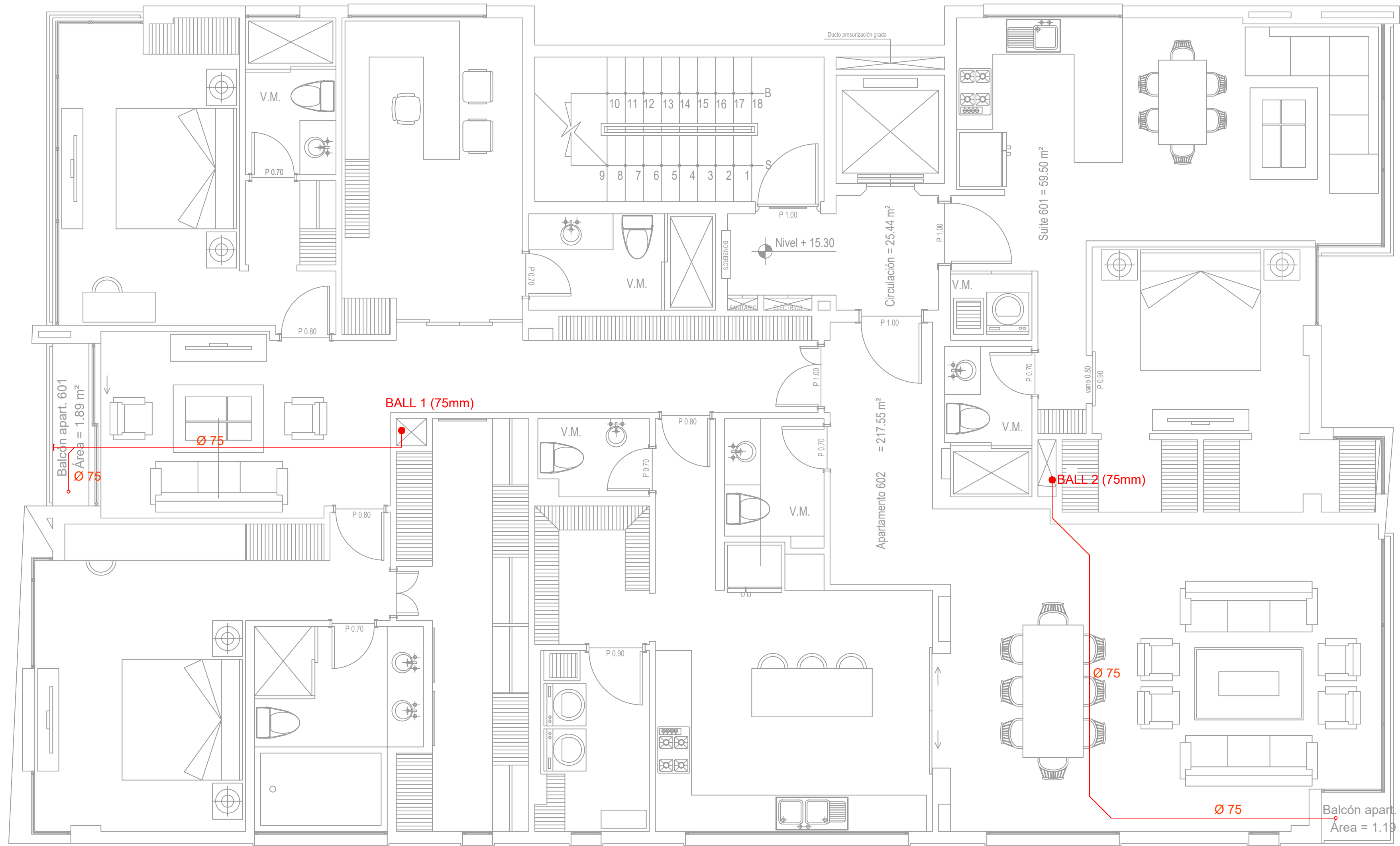
PROYECTO: Propuesta integral de alternativas para sistemas
hidrosanitarios del Edificio BÔ

CONTIENE:
Red de recolección de aguas lluvias. Cuarta Planta

REALIZADO POR:
Nicolas Mantilla
Paul Puertas

LÁMINA:
IS-11/27

ESCALA:
1/50



SIMBOLOS	
REDES DE AGUAS SERVIDAS, LLUVIAS Y DE VENTILACION SANITARIA	
	BAJANTE DE AGUAS LLUVIAS PVC-B
	AGUAS LLUVIAS PVC-B
	PUNTO DE DESAGUE
	TAPÓN DE LIMPIEZA



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ingeniería
Escuela de Civil

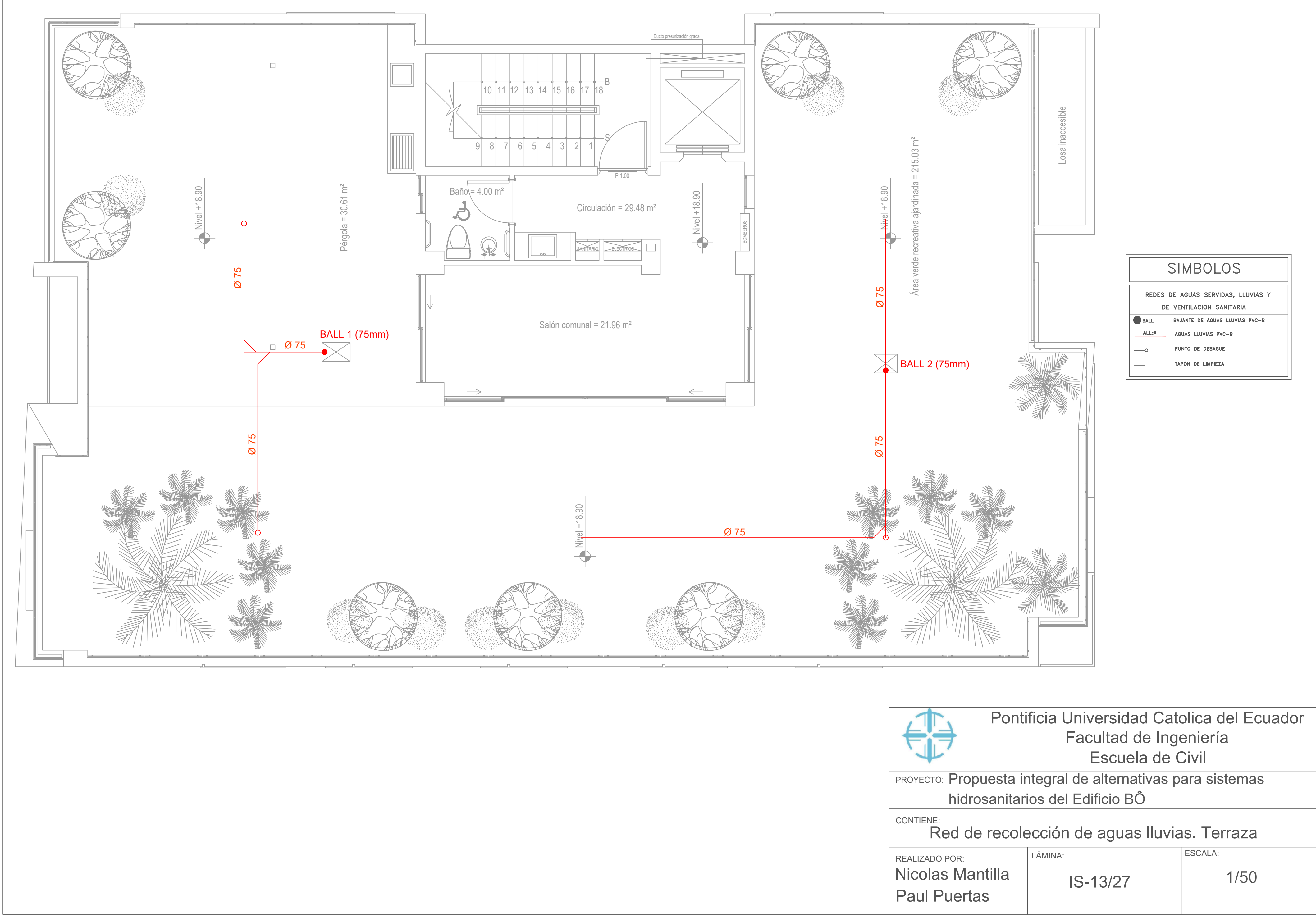
PROYECTO: Propuesta integral de alternativas para sistemas hidrosanitarios del Edificio BÔ

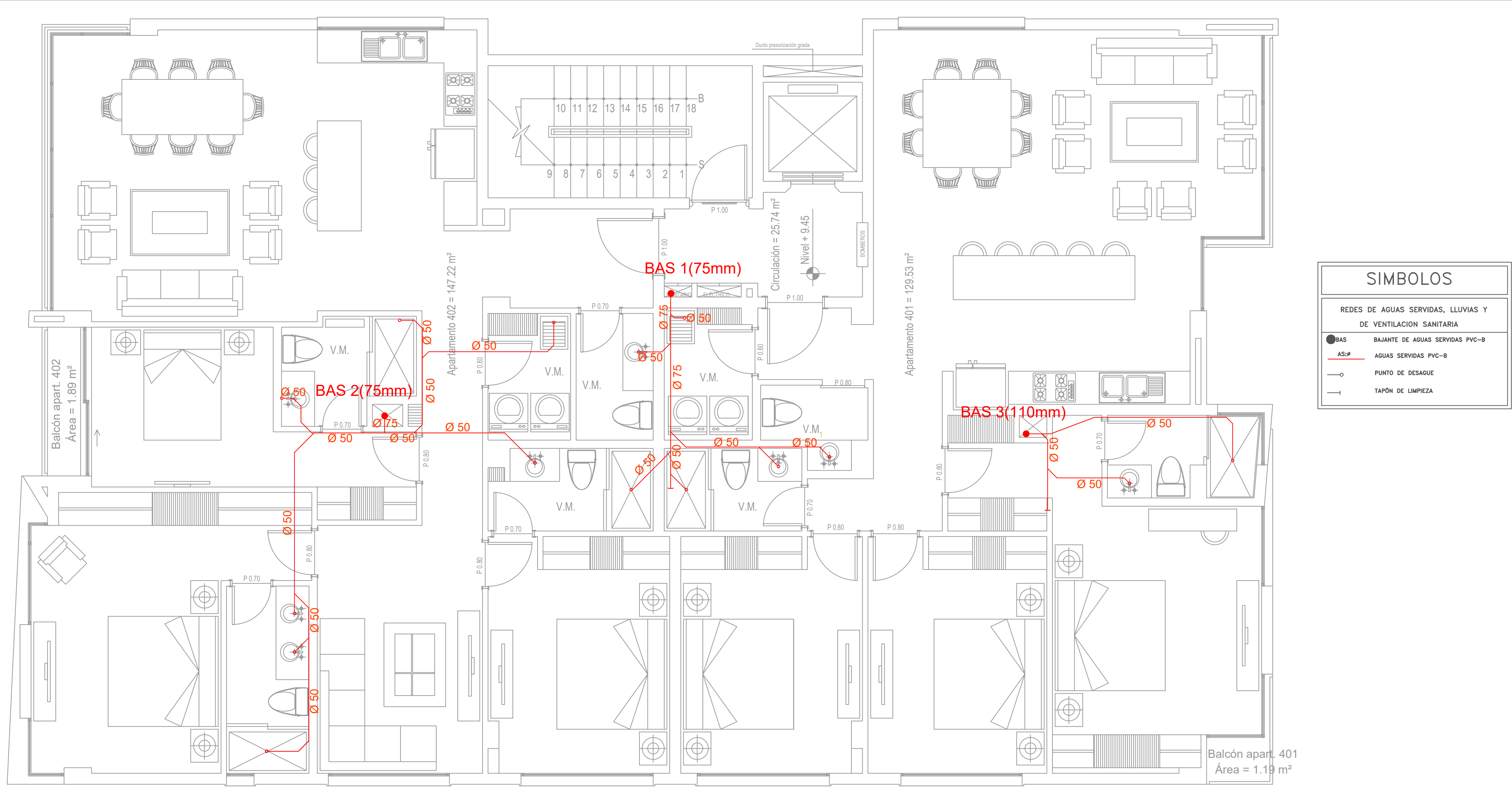
CONTIENE: Red de recolección de aguas lluvias. Quinta Planta

REALIZADO POR:
Nicolas Mantilla
Paul Puertas

LÁMINA:
IS-12/27

ESCALA:
1/50





SIMBOLOS	
REDES DE AGUAS SERVIDAS, LLUVIAS Y DE VENTILACION SANITARIA	
	BAS
	BAJANTE DE AGUAS SERVIDAS PVC-B
	AGUAS SERVIDAS PVC-B
	PUNTO DE DESAGUE
	TAPÓN DE LIMPIEZA



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería

Escuela de Civil

PROYECTO: Propuesta integral de alternativas para sistemas hidrosanitarios del Edificio BÔ

CONTIENE:

Red de recolección de aguas grises. Tercera Planta

REALIZADO POR:

Nicolas Mantilla

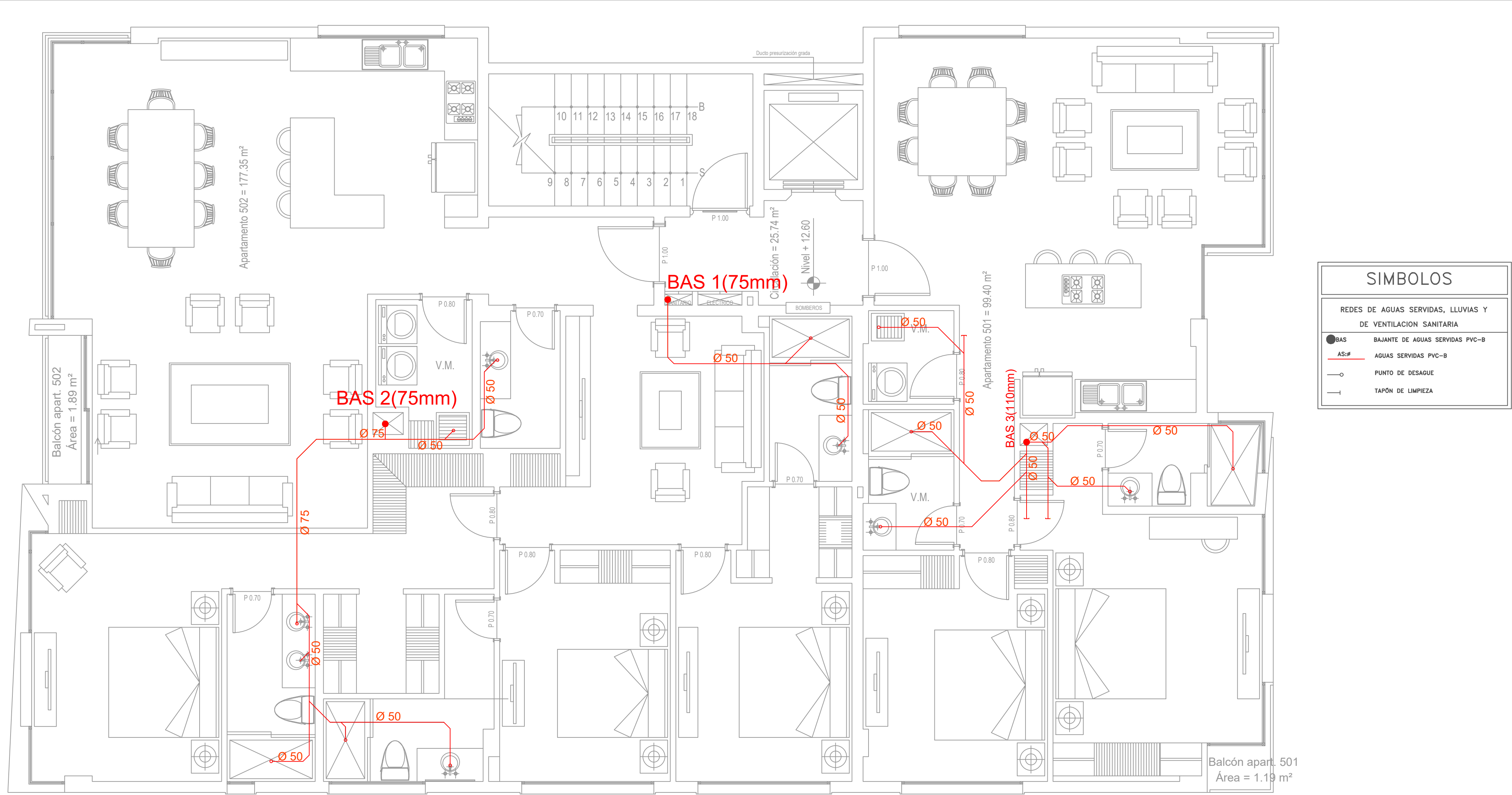
Paul Puertas

LÁMINA:

IS-17/27

ESCALA:

1/50



SIMBOLOS	
REDES DE AGUAS SERVIDAS, LLUVIAS Y DE VENTILACION SANITARIA	
	BAJANTE DE AGUAS SERVIDAS PVC-B
	AGUAS SERVIDAS PVC-B
	PUNTO DE DESAGUE
	TAPÓN DE LIMPIEZA



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ingeniería
Escuela de Civil

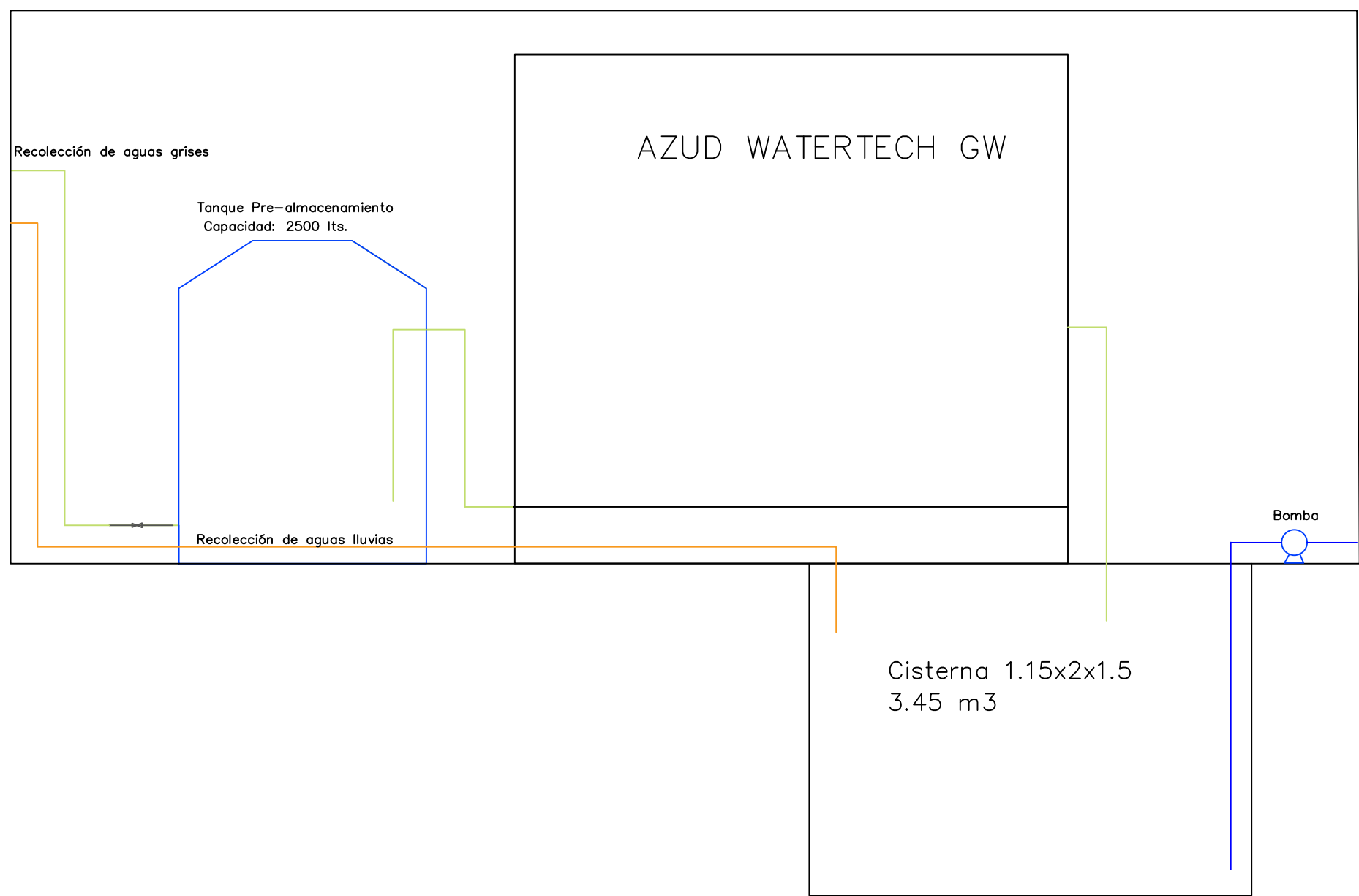
PROYECTO: **Propuesta integral de alternativas para sistemas hidrosanitarios del Edificio BÔ**

CONTIENE: **Red de recolección de aguas grises. Cuarta Planta**

REALIZADO POR:
**Nicolas Mantilla
Paul Puertas**

LÁMINA:
IS-18/27

ESCALA:
1/50



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ingeniería
Escuela de Civil

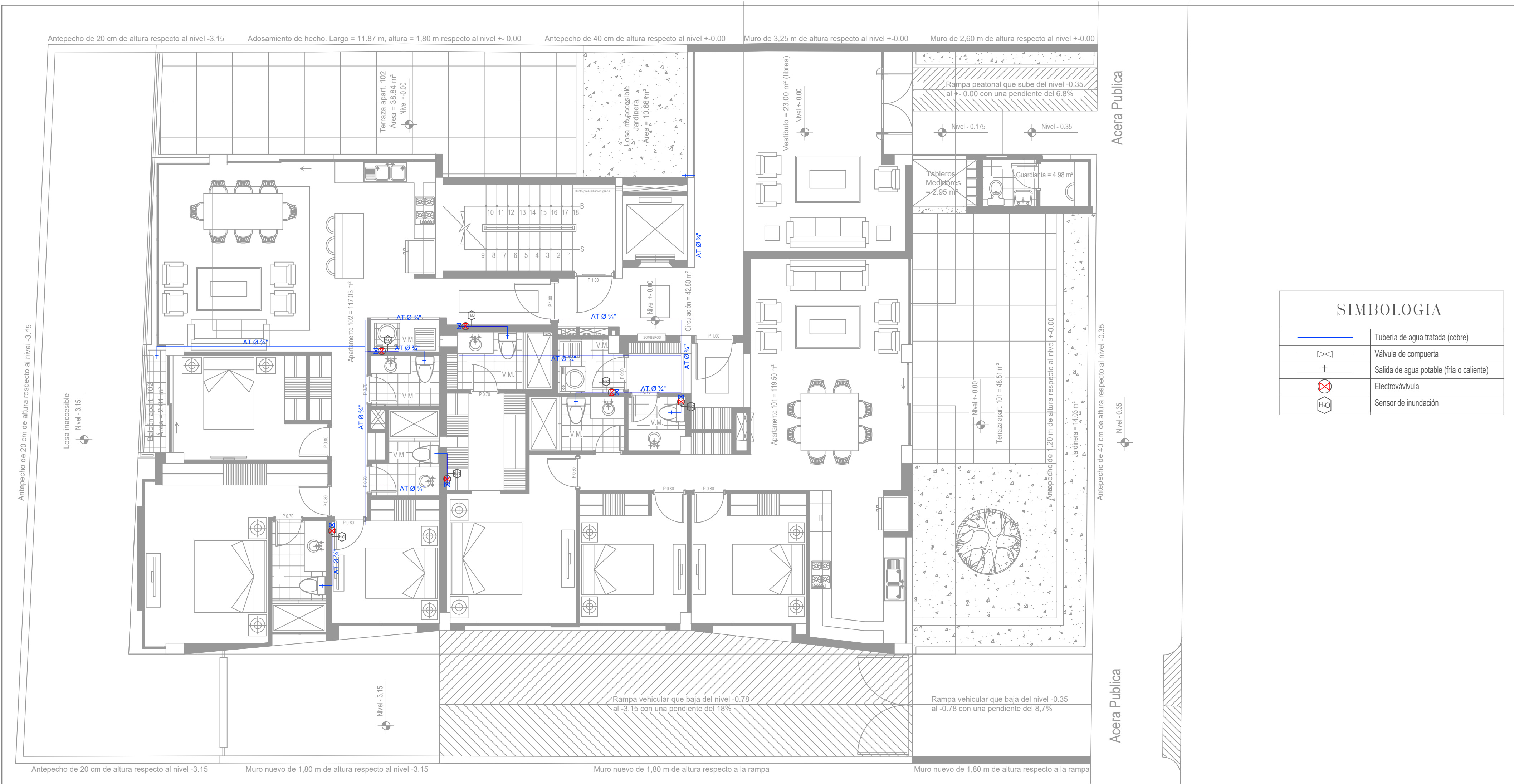
PROYECTO: Propuesta integral de alternativas para
sistemas hidrosanitarios del Edificio BÔ

CONTIENE: Tratamiento y almacenamiento de aguas
lluvias y aguas grises

REALIZADO POR:
Nicolas Mantilla
Paul Puertas

LÁMINA:
IS-20/27

ESCALA:
1/25



SIMBOLOGIA	
	Tubería de agua tratada (cobre)
	Válvula de compuerta
	Salida de agua potable (fría o caliente)
	Electroválvula
	Sensor de inundación



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ingeniería
Escuela de Civil

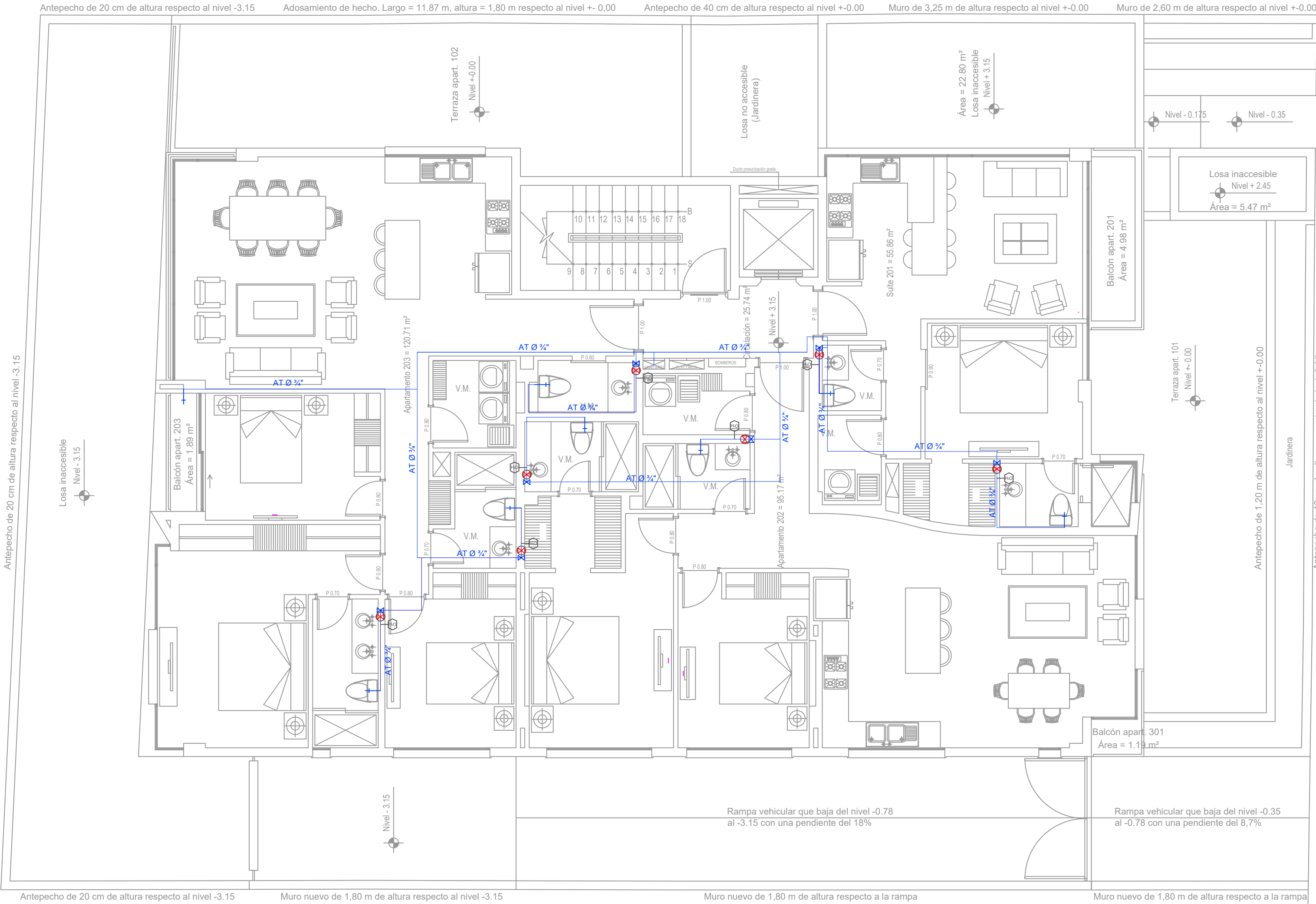
PROYECTO: Propuesta integral de alternativas para sistemas hidrosanitarios del Edificio BÔ

CONTIENE: Red de distribución de agua tratada. Planta Baja

REALIZADO POR:
Nicolas Mantilla
Paul Puertas

LÁMINA:
IS-21/27

ESCALA:
1/75



SIMBOLOGIA	
	Tubería de agua tratada (cobre)
	Válvula de compuerta
	Salida de agua potable (fría o caliente)
	Electroválvula
	Sensor de inundación



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ingeniería
Escuela de Civil

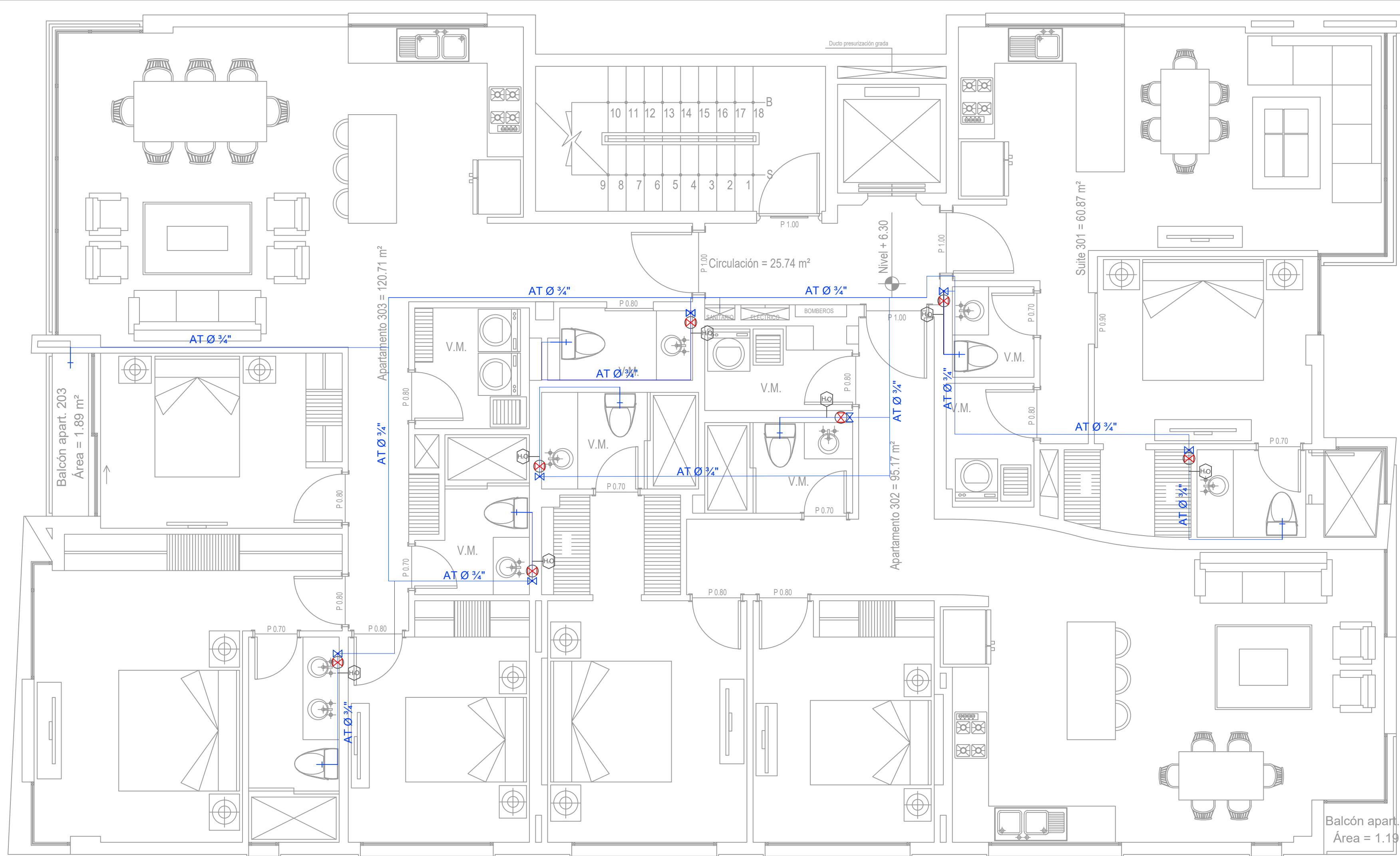
PROYECTO: **Propuesta integral de alternativas para sistemas hidrosanitarios del Edificio BÔ**

CONTIENE:
Red de distribución de agua tratada. Primera Planta

REALIZADO POR:
**Nicolas Mantilla
Paul Puertas**

LÁMINA:
IS-22/27

ESCALA:
1/75



SIMBOLOGIA	
	Tubería de agua tratada (cobre)
	Válvula de compuerta
	Salida de agua potable (fría o caliente)
	Electroválvula
	Sensor de inundación



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ingeniería
Escuela de Civil

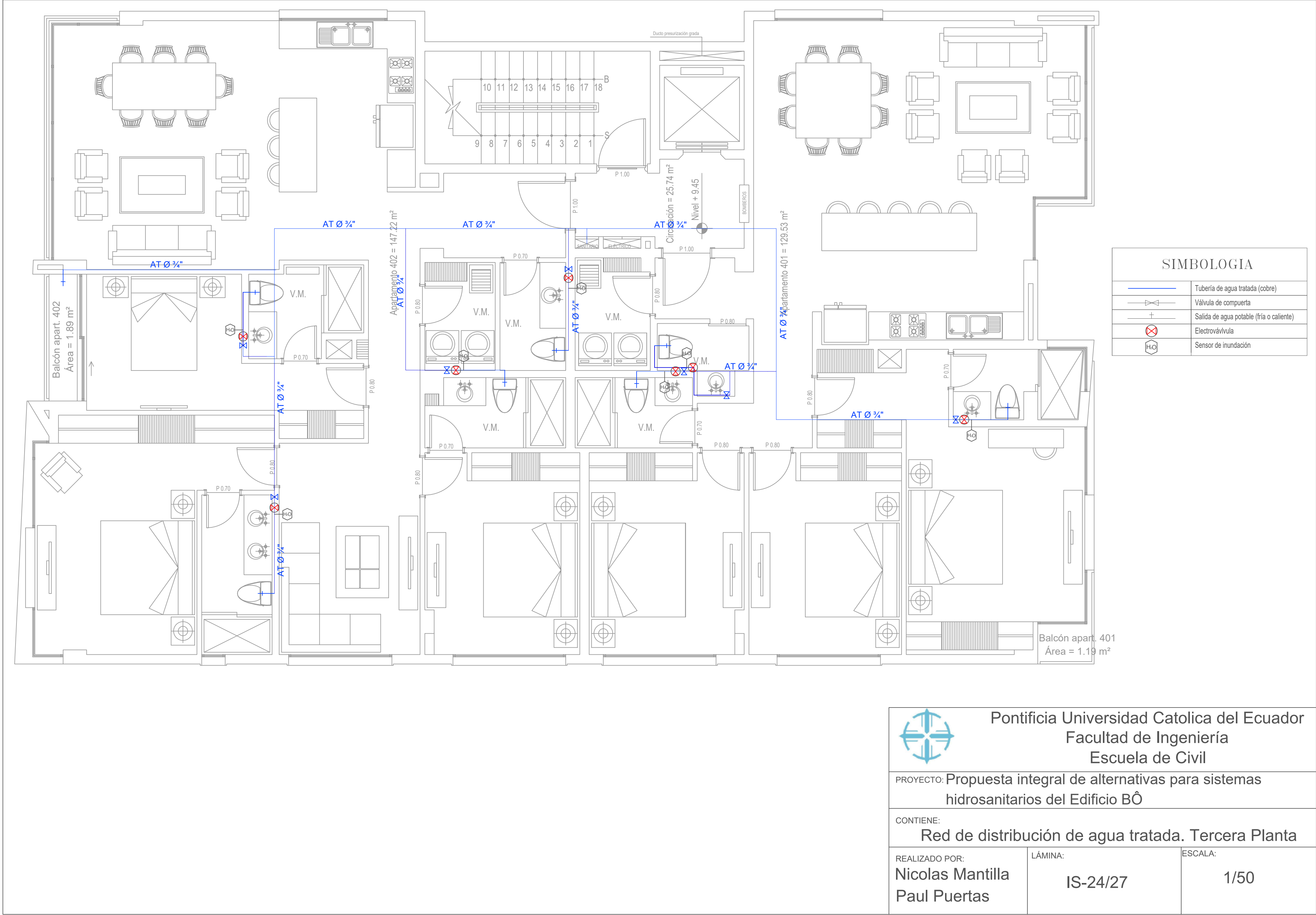
PROYECTO: **Propuesta integral de alternativas para sistemas hidrosanitarios del Edificio BÔ**

CONTIENE: **Red de distribución de agua tratada. Segunda Planta**

REALIZADO POR:
**Nicolas Mantilla
Paul Puertas**

LÁMINA:
IS-23/27

ESCALA:
1/50





Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería

Escuela de Civil

PROYECTO: **Propuesta integral de alternativas para sistemas hidrosanitarios del Edificio BÔ**

CONTIENE:

Red de distribución de agua tratada. Tercera Planta

REALIZADO POR:

Nicolas Mantilla

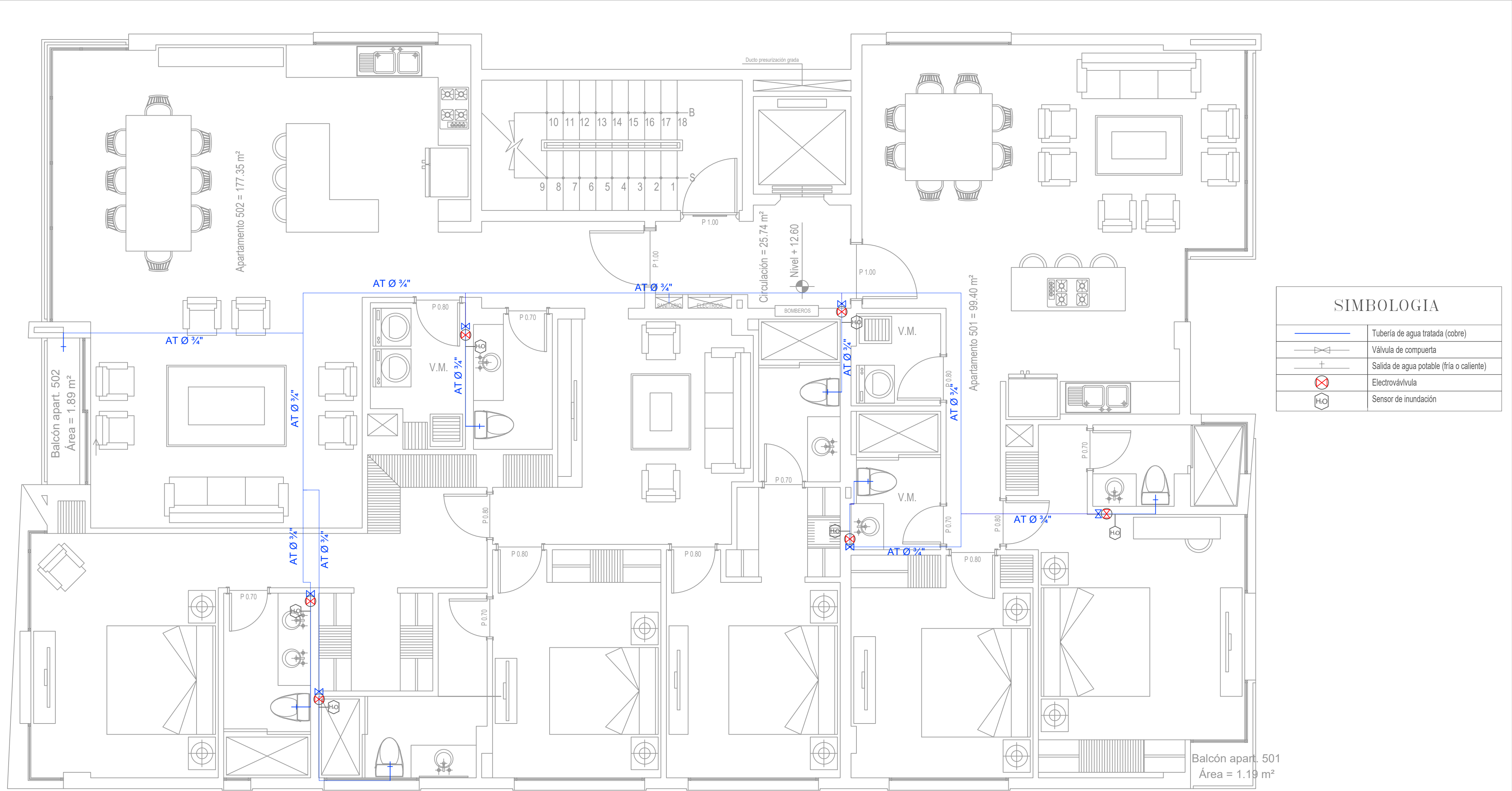
Paul Puertas

LÁMINA:

IS-24/27

ESCALA:

1/50



SIMBOLOGIA	
	Tubería de agua tratada (cobre)
	Válvula de compuerta
	Salida de agua potable (fría o caliente)
	Electroválvula
	Sensor de inundación



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ingeniería
Escuela de Civil

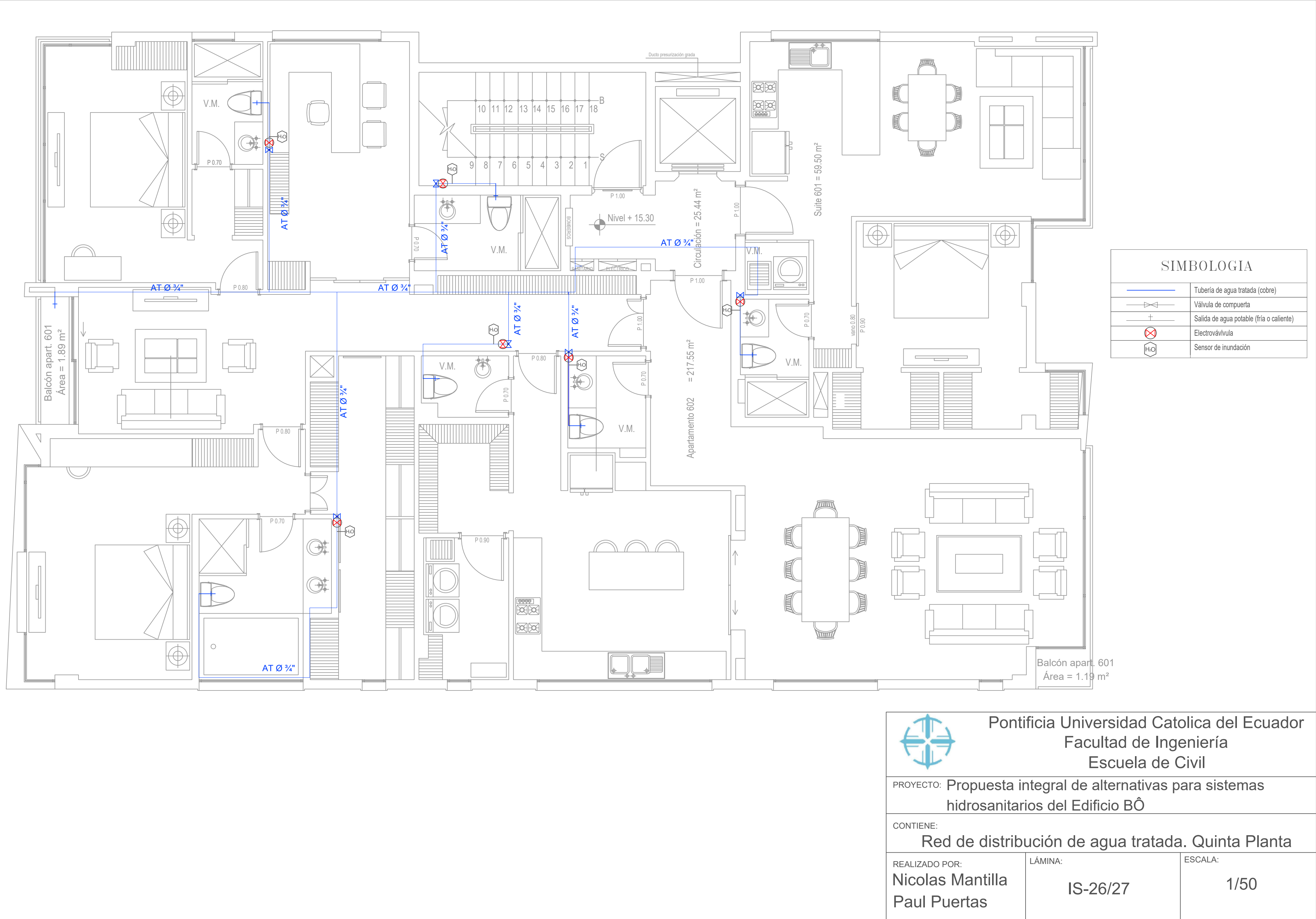
PROYECTO: **Propuesta integral de alternativas para sistemas hidrosanitarios del Edificio BÔ**

CONTIENE: **Red de distribución de agua tratada. Cuarta Planta**

REALIZADO POR:
**Nicolas Mantilla
Paul Puertas**

LÁMINA:
IS-25/27

ESCALA:
1/50



SIMBOLOGIA	
	Tubería de agua tratada (cobre)
	Válvula de compuerta
	Salida de agua potable (fría o caliente)
	Electroválvula
	Sensor de inundación

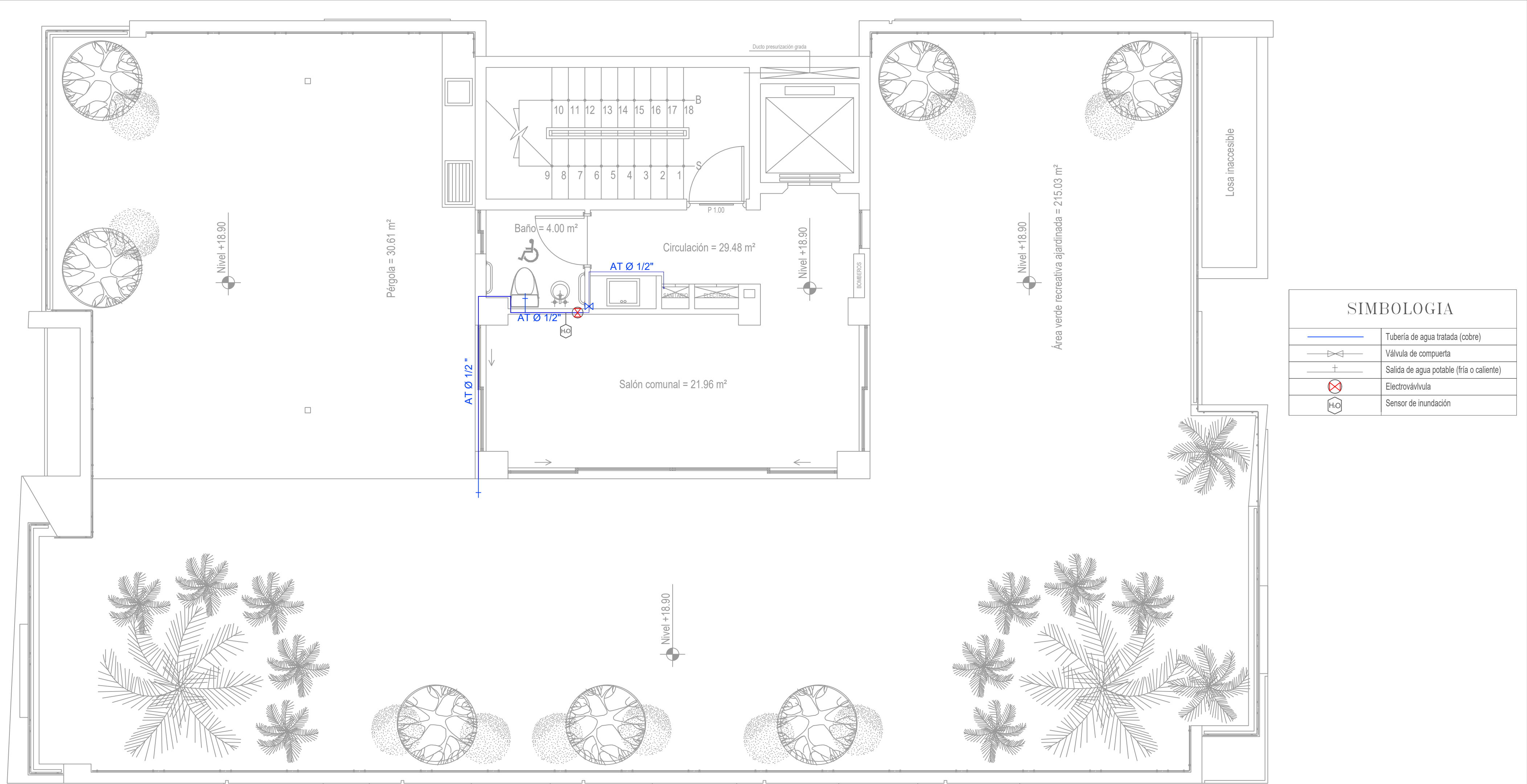


Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería

Escuela de Civil

PROYECTO: Propuesta integral de alternativas para sistemas hidrosanitarios del Edificio BÔ		
CONTIENE: Red de distribución de agua tratada. Quinta Planta		
REALIZADO POR: Nicolas Mantilla Paul Puertas	LÁMINA: IS-26/27	ESCALA: 1/50



SIMBOLOGIA	
	Tubería de agua tratada (cobre)
	Válvula de compuerta
	Salida de agua potable (fría o caliente)
	Electroválvula
	Sensor de inundación



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ingeniería
Escuela de Civil

PROYECTO: Propuesta integral de alternativas para sistemas
hidrosanitarios del Edificio BÔ

CONTIENE:
Red de distribución de agua tratada. Terraza

REALIZADO POR:
Nicolas Mantilla
Paul Puertas

LÁMINA:
IS-27/27

ESCALA:
1/50