

Lineamientos para el Diseño de
Edificios Sostenibles en Altura
en Quito, 2024

Denisse Isabela Astudillo Valarezo

Astudillo, D. (2024).

Lineamientos para el Diseño de Edificios Sostenibles en
Altura en Quito, 2024.

Universidad Tecnológica Indoamérica - Quito



**Universidad
Indoamérica**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE ARQUITECTURA**

**LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS SOSTENIBLES EN ALTURA EN
QUITO, 2024**

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de
Arquitecto

Autor(a)

Astudillo Valarezo Denisse Isabela

Tutor(a)

Arq. José Ramón Leyva Guzmán, MSc.

**QUITO - ECUADOR
2024**

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, ASTUDILLO VALAREZO DENISSE ISABELA, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS SOSTENIBLES EN ALTURA EN QUITO, 2024”. como requisito para optar al grado de Arquitecto y autorizo al sistema de Biblioteca de la Universidad Tecnológica Indoamerica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deba firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Quito, a los 21 días del mes de febrero de 2024, firmo conforme:



ASTUDILLO VALAREZO DENISSE ISABELA

C.I. 1723424345

Dirección: Monjas

Correo: denisseastudillov@gmail.com

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS SOSTENIBLES EN ALTURA EN QUITO, 2024” presentado por ASTUDILLO VALAREZO DENISSE ISABELA para optar por el título de Arquitecto, CERTIFICO que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 21 de febrero de 2024

.....
ARQ. JOSÉ RAMÓN LEYVA GUZMÁN, MSC.
C.I. 1756756902

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Arquitecto, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 21 de febrero de 2024


.....
ASTUDILLO VALAREZO DENISSE ISABELA
C.I. 1723424345

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado sobre el Tema: LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS SOSTENIBLES EN ALTURA EN QUITO, 2024, previo a la obtención del Título de Arquitecto, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de integración curricular.

Quito, 21 de febrero de 2024

.....
ARQ. JUAN JOSÉ CASTRO RUIZ
C.I. 1719954354

.....
ARQ. SUSANA ADRIANA MOYA VICUÑA, MSC.
C.I. 1719626952

DEDICATORIA

Dedico este gran logro, un trabajo realizado con todo mi esfuerzo y cariño, a mi madre Berenice Valarezo Zambrano, que aunque no pudo acompañarme físicamente durante estos cuatro años de carrera, siempre ha estado a tan solo una llamada de distancia, quien siempre ha creído en mi e ilumina mi camino con amor. De igual manera, dedico este logro a la Facultad de Arquitectura y Construcción de la Universidad Tecnológica Indoamérica, que puso a los mejores profesores en mi camino y me ha brindado un aprendizaje inigualable; donde además conocí a compañeros y amigos que llevaré siempre en mi mente y en mi corazón, y que me ayudarán a seguir adelante como profesional. Finalmente, quisiera dedicar este trabajo a todas las personas que me inspiraron a seguir esta carrera, a quienes han aportado en todo sentido para lograr mi meta, y a aquellos que estuvieron siempre apoyándome y alentándome para no rendirme.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por enseñarme el camino en los altos y bajos por los que me ha llevado, y está ahí para darme la razón de no rendirme. A mi madre, Berenice Valarezo Zambrano, quien ha cultivado en mi los valores que me han formado durante toda mi vida, y ha estado para mí todos los días aún a distancia. A mi padre, Paúl Santiago Astudillo, que me apoya desde el primer día en mi sueño de convertirme en Arquitecta. A mis abuelos, Daniel Valarezo Pereira y Mercedes María Zambrano, que con su gran corazón y su enorme bondad son padres para mí. A Julio y Stephy Dávila, que han apoyado y me han brindado el más grande cariño como hija y hermana. A mis tíos y primos, que me han visto crecer y me han acompañado, presenciando cómo me he convertido en profesional. A mi Felipe Andrés Espinoza, quien ha sido incondicional desde el primer día, y que a diario me enseña a seguir adelante disfrutando cada paso. A mis tutores de tesis, Arq. José Leyva y Arq. Dani Zumárraga, con quienes he desarrollado este trabajo de investigación, les extiendo un agradecimiento especial porque creyeron en mí aun cuando el tema de tesis se veía casi imposible para una sola persona. A mis amigos, Karol Montoya, Jhon Enríquez y Gabriel Buenaño con quienes compartimos las mejores experiencias universitarias. A todos, gracias por estar y por haber creído en mí desde el primer momento.

RESUMEN EJECUTIVO

LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS SOSTENIBLES EN ALTURA EN QUITO, 2024

Actualmente la industria de la construcción es una de las más contaminantes a nivel mundial, dado que la edificación y el desarrollo de infraestructura emplean un alto nivel de materias primas que son producto de procesos de aplicación intensiva de energía. De igual manera se requiere del transporte de dichas materias primas a lo largo de grandes distancias, y emplea maquinaria en un alto porcentaje de sus métodos.

Todo este círculo de sucesos agrava la crisis medioambiental con el transcurso del tiempo. No obstante, en los países más desarrollados, a lo largo de las últimas décadas se han implementado acciones positivas que buscan encaminar a la industria hacia la sostenibilidad, logrando resultados exitosos.

El Ecuador, como un país en vías de desarrollo, se encuentra en una posición en la cual podría aprovechar dichas innovaciones, considerando que existen una gran variedad de oportunidades que se pueden emplear para cambiar el curso y lograr un desarrollo encaminado hacia la sostenibilidad.

El presente trabajo de investigación se enfocará en estudiar los objetivos de sostenibilidad de ciertas herramientas tanto nacionales como internacionales, que nos permitirán generar lineamientos para diseñar edificios sostenibles en altura en la ciudad de Quito. Mediante este trabajo, se busca mitigar el impacto ambiental que causan las actividades constructivas en una ciudad en la que, en su mayoría, se siguen utilizando prácticas comunes y se continúa generando un consumo irresponsable de recursos.

DESCRIPTORES: edificio en altura, eficiencia, impacto ambiental, sostenibilidad.

ABSTRACT

GUIDELINES FOR DESIGNING HIGH-RISE SUSTAINABLE BUILDINGS IN QUITO, 2024

The construction industry is currently one of the most polluting in the world, given that construction and infrastructure development use a high level of raw materials that are the product of energy-intensive processes. It also requires the transport of these raw materials over long distances and uses machinery in a high percentage of its methods.

This whole chain of events aggravates the environmental crisis over time. However, in the most advanced countries, positive actions have been implemented over the past decades to guide the industry towards sustainability and achieve successful outcomes.

Ecuador, as a developing country, finds itself in a position where it could take advantage of such innovations, considering that there are a wide variety of opportunities that can be used to change the course and achieve development aimed at sustainability.

This research work will focus on studying the sustainability objectives of certain national and international tools to generate guidelines that will allow us to design sustainable high-rise buildings in the city of Quito. Through this work, we seek to mitigate the environmental impact caused by construction activities in a city in which, for the most part, common practices continue to be used and irresponsible consumption of resources continues to be generated.

KEYWORDS: efficiency, environmental impact, high-rise building, sustainability.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ETAPA 1: Conocimiento Previo	23
1. Conocimiento Previo	25
1.1 Impacto Ambiental a Nivel Mundial: Consumo Hídrico, Energético y de Recursos.....	25
1.2 Ecuador: Construcción y su Impacto en el Medio Ambiente	27
1.3 Objetivos	31
1.3.1. Objetivo General	31
1.3.2. Objetivos Específicos:	31
1.4 Fundamentación Teórica	32
1.4.1. La Arquitectura Sostenible	35
1.4.2. Edificios en Altura	37
1.4.3. La Arquitectura Sostenible y los Edificios de Alto Desempeño	37
1.4.4. Certificaciones de Sostenibilidad en la Construcción	38
1.4.4.1. Certificación LEED	38
1.4.4.2. Certificación BREEAM	39
1.4.4.3. Certificación EDGE	39
1.4.5. Criterios de Evaluación según Herramientas Nacionales	40
1.4.5.1. Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035 (PLANEE)	40
1.4.5.2. Plan de Acción para la Reducción de Huellas DMQ, Ecuador	41
1.4.5.3. Plan de Acción Climático de Quito a 2030	42
1.4.5.4. Herramienta de Eco-Eficiencia del Distrito Metropolitano de Quito ..	43
1.4.6. Consumo Hídrico y Energético en el Ecuador	43
1.4.7. Eficiencia Energética e Hídrica y Gestión Sostenible de Recursos.....	45
1.4.8. Uso de Materiales Alternativos para Reducir el Impacto Ambiental en la Construcción	47
1.4.9. Uso de la Domótica en la Arquitectura Sostenible	48
1.4.10. Ciclo de Vida de las Edificaciones y la Construcción Resiliente.....	49
1.4.10.1. Ciclo de Vida de las Edificaciones	49
1.4.11. Construcción Resiliente	49

1.5 Estado del Arte/Estado de la Cuestión	51
ETAPA 2: Aplicación Metodológica	59
1.6 Marco Conceptual	61
1.6.1. Fase 1: Definición de Alcances de Sostenibilidad según el PACQ a 2030 y e software EDGE	61
1.6.2. Análisis y Comparación de Casos	61
1.6.3. Cuadro Conceptual para el Desarrollo de la Metodología	63
2. Materiales y Métodos	65
2.1 Definición de Alcances de Sostenibilidad según el PACQ a 2030 y el Software EDGE ..	65
2.1.1. Determinar parámetros referenciales según el software EDGE para la comparación de casos.....	65
2.1.2. Preparar el caso base para la comparación	74
2.1.3. Preparar el caso optimizado para la comparación	76
2.1.4. Aplicar los parámetros del Manual EDGE en el caso base y el caso optimizado	88
2.1.5. Investigar acerca del PACQ a 2023 y sus propuestas	97
2.1.6. Determinar condiciones del lugar: geografía, altitud, latitud y características del piso climático	102
2.1.7. Aplicar los parámetros del PACQ a 2030 en el caso base y el caso optimizado	104
2.1.8. Listado de Alcances de Sostenibilidad para el Diseño de Edificios en Altura ..	109
2.1.9. Análisis y Comparación de Casos	109
2.1.9.1. Análisis del Caso Base	109
2.1.10. Análisis del Caso Optimizado	111
2.1.11. Comparación de Casos.....	113
2.1.12. Gráficos Comparativos con Resultados de Consumo Energético, Eficiencia Hídrica y Energía Incorporada en los Materiales	119

ETAPA 3: Difusión de Resultados	125
3. Difusión de Resultados	127
3.1 Lineamientos para el Diseño de Edificios Sostenibles en Altura para la Ciudad de Quito	127
4. Reflexiones Finales	131
5. Recomendaciones	133
6. Referentes Bibliográficos	135
7. Anexos	139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sub Línea de Acción 3.1: Incremento en la Eficiencia del Uso de Energía.....	41
Tabla 2. Sub Línea de Acción: Uso de Energías Limpias/Renovables.	42
Tabla 3. Cantidad de energía empleada en los ciclos de vida de diversos materiales.	48
Tabla 4. Descripción y Selección de Medidas - MEE01 a MEE05.	66
Tabla 5. Descripción y Selección de Medidas - MEE06 a MEE13.	67
Tabla 6. Descripción y Selección de Medidas - MEE21 a MEE26.	68
Tabla 7. Descripción y Selección de Medidas - MEE28 a MEE33.	69
Tabla 8. Descripción y Selección de Medidas - MECA01 a MECA05.	70
Tabla 9. Descripción y Selección de Medidas - MECA07 a MECA17.	71
Tabla 10. Descripción y Selección de Medidas - MEM01 a MEM05.	72
Tabla 11. Descripción y Selección de Medidas - MEM06 a MEM11.	73
Tabla 12. Medidas del Manual EDGE Aplicadas en el Caso Base.	89
Tabla 13. Medidas de Eficiencia Energética del Manual EDGE Aplicadas en el Caso Optimizado.	90
Tabla 14. Medidas de Eficiencia Energética del Manual EDGE Aplicadas en el Caso Optimizado.	91
Tabla 15. Medidas de Eficiencia Hídrica del Manual EDGE Aplicadas en el Caso Optimizado.	92
Tabla 16. Medidas de Eficiencia Hídrica del Manual EDGE Aplicadas en el Caso Optimizado.	93
Tabla 17. Medidas de Eficiencia en los Materiales del Manual EDGE Aplicadas en el Caso Optimizado.	94
Tabla 18. Medidas de Eficiencia en los Materiales del Manual EDGE Aplicadas en el Caso Optimizado.	95
Tabla 19. Medidas de Eficiencia en los Materiales del Manual EDGE Aplicadas en el Caso Optimizado.	96
Tabla 20. Descripción y Selección de Medidas del Plan de Acción Climático de Quito a 2030 – Edificaciones Sostenibles y Ecoeficientes para la Reducción de Huella de Carbono y Aumento de Resiliencia.....	98

Tabla 21. Descripción y Selección de Medidas del Plan de Acción Climático de Quito a 2030 – Estándares Urbanísticos Compatibles con el Clima	98
Tabla 22. Descripción y Selección de Medidas del Plan de Acción Climático de Quito a 2030 – Manejo Adaptativo del Agua.	99
Tabla 23. Descripción y Selección de Medidas del Plan de Acción Climático de Quito a 2030 – Infraestructura para Aumentar Resiliencia al Cambio Climático.	99
Tabla 24. Descripción y Selección de Medidas del Plan de Acción Climático de Quito a 2030 – Manejo Sostenible de la Tierra y Provisión de Servicios Ambientales.....	100
Tabla 25. Descripción y Selección de Medidas del Plan de Acción Climático de Quito a 2030 – Regeneración Urbana y Soluciones Basadas en la Naturaleza.....	100
Tabla 26. Descripción y Selección de Medidas del Plan de Acción Climático de Quito a 2030 – Distinción Ambiental.....	101
Tabla 27. Datos Históricos del Tiempo en Quito.....	102
Tabla 28. Acciones y Subacciones del PACQ a 2030 Aplicadas en el Caso Base.....	105
Tabla 29. Acciones y Subacciones del PACQ a 2030 Aplicadas en el Caso Optimizado.....	105
Tabla 30. Acciones y Subacciones del PACQ a 2030 Aplicadas en el Caso Optimizado.....	106
Tabla 31. Acciones y Subacciones del PACQ a 2030 Aplicadas en el Caso Optimizado.....	106
Tabla 32. Acciones y Subacciones del PACQ a 2030 Aplicadas en el Caso Optimizado.....	107
Tabla 33. Acciones y Subacciones del PACQ a 2030 Aplicadas en el Caso Optimizado.....	107
Tabla 34. Acciones y Subacciones del PACQ a 2030 Aplicadas en el Caso Optimizado.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gráfica de Extracción Mundial de Agua.	25
Figura 2. La demanda mundial de energía es superior a los niveles anteriores a la pandemia.	26
Figura 3. Edificaciones Proyectadas. Periodo 2019-2020, principales cantones.	28
Figura 4. Uso de materiales predominantes por región.	29
Figura 5. Secuencia hacia un edificio de alto desempeño.	38
Figura 6. Los Seis Categorías de Crédito de la Certificación LEED.	39
Figura 7. Certificación BREEAM.	39
Figura 8. Certificación EDGE.	40
Figura 9. Energía Evitada en el Eje Residencia, Comercial y Público.	41
Figura 10. Escala de Edificaciones por Altura y Área Útil.	43
Figura 11. Consumo de Agua por Habitante (m ³).	44
Figura 12. Consumo Eléctrico por Habitante.	44
Figura 13. Demanda de Electricidad por Provincia 2018-2019.	45
Figura 14. Componentes de la Eficiencia Energética.	46
Figura 15. Beneficios de la Eficiencia Hídrica.	46
Figura 16. Esquema General del Ciclo de Vida del Edificio (CVE).	49
Figura 17. Mapa Conceptual para el Desarrollo de la Metodología.	63
Figura 18. Lámina Descriptiva del Caso Base.	75
Figura 19. Fórmula de Cálculo de la MEE01.	76
Figura 20. Techo Reflectante del Caso Optimizado.	77
Figura 21. Fórmula de Cálculo de la Medida MEE04.	77
Figura 22. Vista Axonométrica de los Dispositivos de Control Solar.	77
Figura 23. Detalle de Aislamiento Térmico en Losa de Cubierta.	78
Figura 24. Detalle de Aislamiento Térmico en Losa de Entrepiso.	78
Figura 25. Detalle de Aislamiento Térmico en Paredes Exteriores.	78
Figura 26. Detalle de Techo Verde Extensivo.	79
Figura 27. Diferencia entre el Vidrio Normal y el Vidrio de Doble Acristalamiento.	80
Figura 28. Diferencia de Consumo y Eficiencia entre un Foco Común y uno Eficiente.	80

Figura 29. Dispositivos de Control de Iluminación en el Caso Optimizado.....	81
Figura 30. Eficiencia de los Cabezales y Grifos a Utilizarse en el Caso Optimizado.	82
Figura 31. Diferencia entre un Inodoro con Uso Eficiente de Agua y un Inodoro Normal.....	82
Figura 32. Eficiencia de un Grifo de Cocina Ahorrador.	83
Figura 33. Funcionamiento del Sistema de Recolección de Aguas Lluvias en el Proyecto.....	83
Figura 34. Funcionamiento del Sistema de Tratamiento y Reciclaje de Aguas Residuales.	84
Figura 35. Detalle de Losa de Hormigón Armado Aligerada con Nervios en una Dirección. ...	85
Figura 36. Detalle de Instalación de Baldosa de Terrazo.	85
Figura 37. Detalle de Mampostería de Bloque.	86
Figura 38. Detalle de los Paneles de Yeso Colocados en Montantes Metálicas.....	86
Figura 39. Detalle del Marco de Aluminio y Vidrio de Doble Acristalamiento.....	87
Figura 40. Detalle de Aislamiento Térmico en Losa de Cubierta.....	87
Figura 41. Detalle de Aislamiento Térmico en Paredes Exteriores.	88
Figura 42. Detalle de Aislante de Fibra Mineral para Paredes de Yeso.	88
Figura 43. Detalle de Aislamiento Térmico en Losa de Entrepiso.	88
Figura 44. Desglose de la Ubicación Geográfica de Quito.	102
Figura 45. Índice de Radiación Solar en Quito 30 de Diciembre.....	103
Figura 46. Consumo Energético de los Elementos de la Edificación - Caso Base.....	110
Figura 47. Consumo Hídrico de los Elementos de la Edificación - Caso Base.	110
Figura 48. Consumo de la Energía Incorporada en Materiales de los Elementos de la Edificación – Caso Base.....	111
Figura 49. Consumo Energético de los Elementos de la Edificación – Caso Optimizado.	112
Figura 50. Consumo Hídrico de los Elementos de la Edificación – Caso Optimizado.....	112
Figura 51. Consumo de la Energía Incorporada en Materiales de los Elementos de la Edificación – Caso Optimizado.....	113
Figura 52. Consumo Energético en la Calefacción de Ambos Casos.....	113
Figura 53. Consumo Energético en las Bombas de Calefacción de Ambos Casos.....	114
Figura 54. Consumo Energético en la Iluminación de Ambos Casos.	114
Figura 55. Consumo Energético en los Ventiladores de Calefacción de Ambos Casos.	114
Figura 56. Consumo Energético en el Agua Caliente de Ambos Casos.	115
Figura 57. Consumo Hídrico en las Duchas de Ambos Casos.	115

Figura 58. Consumo Hídrico en los Lavabos de Ambos Casos.	115
Figura 59. Consumo Hídrico en las Descargas de Agua de Ambos Casos.	116
Figura 60. Consumo Hídrico en las Cocinas de Ambos Casos.	116
Figura 61. Consumo Hídrico en el Riego de Ambos Casos.	116
Figura 62. Consumo de Energía en los Materiales de la Planta Baja en Ambos Casos.	117
Figura 63. Consumo de Energía en los Materiales de los Pisos Intermedios en Ambos Casos.	117
Figura 64. Consumo de Energía en los Materiales del Acabado de Piso en Ambos Casos. ...	117
Figura 65. Consumo de Energía en los Materiales del Techo en Ambos Casos.	118
Figura 66. Consumo de Energía en los Materiales de las Paredes Externas en Ambos Casos.	118
Figura 67. Consumo de Energía en los Materiales de las Paredes Internas en Ambos Casos.	118
Figura 68. Resultados Finales del Consumo Energético en kWh/m ² /año.	119
Figura 69. Comparación entre Casos de los Resultados Finales del Consumo Energético en kWh/mes.	119
Figura 70. Porcentaje de Ahorro Energético Producido por el Caso Optimizado en kWh/mes.	119
Figura 71. Resultados Finales del Consumo Hídrico en m ³ /día.	120
Figura 72. Comparación entre Casos de los Resultados Finales del Consumo Hídrico en m ³ /mes.	120
Figura 73. Porcentaje de Ahorro Hídrico Producido por el Caso Optimizado en m ³ /mes.	120
Figura 74. Resultados Finales del Carbono Incorporado en kgCO ₂ e/m ²	120
Figura 75. Comparación entre Casos de los Resultados Finales del Carbono Incorporado en kgCO ₂ e/m ²	121
Figura 76. Porcentaje de Ahorro de Carbono Incorporado Producido por el Caso Optimizado en kgCO ₂ e/m ²	121
Figura 77. Optimización Energética, Hídrica y de Energía en Materiales según las Medidas de Eficiencia Adoptadas en el Caso Optimizado.	122

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados del Caso Optimizado.....	139
Anexo 2. Resultados del Caso Optimizado.....	140
Anexo 3. Resultados del Caso Optimizado.....	141
Anexo 4. Resultados del Caso Optimizado.....	142
Anexo 5. Resultados del Caso Optimizado.....	143
Anexo 6. Resultados del Caso Optimizado.....	144
Anexo 7. Resultados del Caso Optimizado.....	145
Anexo 8. Resultados del Caso Optimizado.....	146
Anexo 9. Resultados del Caso Optimizado.....	147
Anexo 10. Resultados del Caso Optimizado.....	148
Anexo 11. Resultados del Caso Optimizado.....	149
Anexo 12. Resultados del Caso Optimizado.....	150
Anexo 13. Resultados del Caso Optimizado.....	151
Anexo 14. Resultados del Caso Optimizado.....	152
Anexo 15. Resultados del Caso Optimizado.....	153
Anexo 16. Resultados del Caso Optimizado.....	154
Anexo 17. Resultados del Caso Optimizado.....	155
Anexo 18. Resultados del Caso Optimizado.....	156
Anexo 19. Resultados del Caso Optimizado.....	157
Anexo 20. Resultados del Caso Optimizado.....	158
Anexo 21. Resultados del Caso Optimizado.....	159
Anexo 22. Resultados del Caso Optimizado.....	160
Anexo 23. Resultados del Caso Optimizado.....	161
Anexo 24. Resultados del Caso Optimizado.....	162

ETAPA 1
Conocimiento Previo



Conocimiento Previo

1.1 Impacto Ambiental a Nivel Mundial: Consumo Hídrico, Energético y de Recursos

Desde hace varios años, el planeta lleva sufriendo cambios drásticos que afectan a la vida que alberga. En concreto, tenemos la degradación ambiental, que implica la disminución de la capacidad que posee el entorno para satisfacer demandas sociales, de biodiversidad y medioambientales. Las consecuencias de este desgaste pueden incluir: la desaparición de especies, la reducción de la biodiversidad, la degradación del aire y del agua, la erosión del suelo, y el incremento del efecto invernadero. Muchos de estos impactos no son evidentes a corto plazo, sin embargo, lo son a largo plazo. Esto nos demuestra la importancia de nuestras acciones presentes y la influencia que estas llegan a tener en el futuro (Sánchez, 2019).

Actualmente existe una crisis de agua que pone en riesgo al planeta, afectando severamente a los ecosistemas acuáticos y terrestres, lo que conlleva a una escasez de agua apta para el consumo humano y una deficiencia sanitaria (Días, 2018). Se conoce que, a nivel mundial, el agua se destina en un 69% al uso agropecuario, un 19% a la industria y un 12% para el uso municipal. Este total se ve fuertemente influenciado por algunos países que poseen una extracción de agua mucho más alta en comparación a otros (FUNCAGUA, 2020).

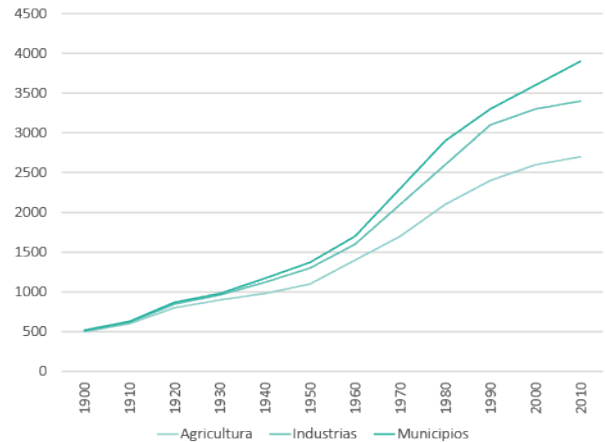


Figura 1. Gráfica de Extracción Mundial de Agua.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de FUNCAGUA, s.f.

Basado en el reporte publicado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el Día Internacional del Agua, se demuestra que alrededor de una cuarta parte de la población mundial no posee acceso al agua potable, y la cifra se verá incrementada inevitablemente en las próximas décadas. En el año 2023, aproximadamente de 2 millones de personas no poseen acceso al agua potable, y alrededor de 3.600 millones de personas no cuentan con un sistema eficiente de saneamiento y almacenamiento de este recurso. Aunque algunas comunidades cuentan con acceso a este recurso, de igual manera experimentan períodos de escasez. Si los planes de gestión del recurso hídrico no se actualizan de manera adecuada, el problema se verá agravado (Garay, 2023).

Otro problema al que nos enfrentamos es el alto consumo energético, mismo que solo ha tenido un ligero descenso a lo largo del año 2020 a causa de la pandemia de COVID-19. A pesar de esto, las personas y empresas a nivel mundial utilizaron más energía durante el 2021 que en el 2019, lo cual se debió al fin del confinamiento. Este aumento de demanda es el más alto de toda la historia y ha impulsado el sistema energético a su periodo más agitado desde la crisis de petróleo experimentada durante los años 70. En adición, la invasión rusa en Ucrania también es un factor a tomar en cuenta, debido al alza de precios y la amenaza de escasez de energía en algunos países (Read, 2022).

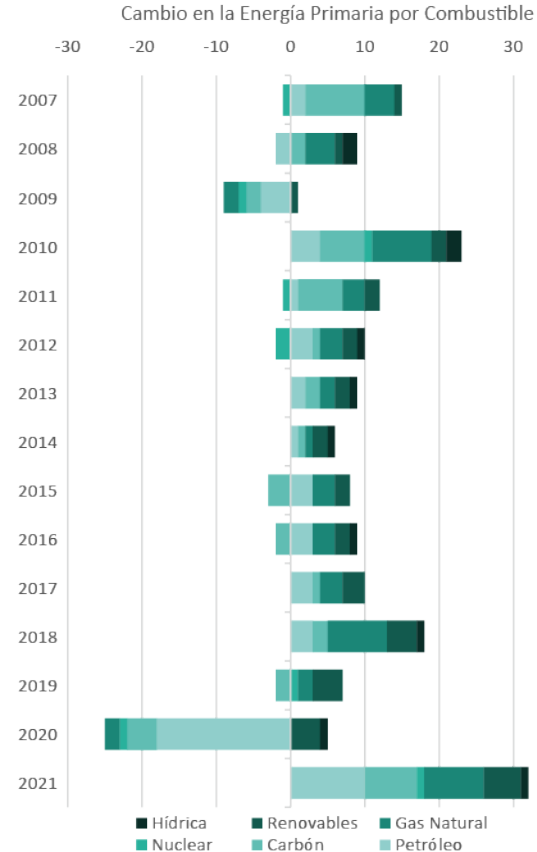


Figura 2. La demanda mundial de energía es superior a los niveles anteriores a la pandemia.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de bp Statistical Review of World Energy, 2022.

De acuerdo con esto, se calcula que para el año 2040 la demanda mundial de energía aumentará un 30%, siendo los países en desarrollo quienes participen principalmente en el incremento de consumo. Además, se estima que los combustibles fósiles seguirán siendo fun-

damentales en el sistema energético mundial durante varias décadas, ante lo cual los niveles de consumo de petróleo causarán un aumento anual promedio de 0.5% de las emisiones de carbono en la atmósfera (Yépez & López, 2017). Debido a este problema relacionado con la energía, la temperatura global aumentará, y por ende, el planeta y su biodiversidad se verán afectados.

Finalmente, existe un incremento en el consumo de materias primas que se extraen del planeta. De acuerdo con el informe del Panel Internacional de Recursos, esta cifra se ha triplicado durante las últimas cuatro décadas. El uso de combustibles fósiles, metales y otros recursos causa un empeoramiento del cambio climático. En concreto, se incrementará la contaminación del aire, disminuirá la biodiversidad existente y, en última instancia, se agotarán en su totalidad los recursos naturales. Todos los problemas mencionados, apuntan a la escasez de materias primas clave y al surgimiento de conflictos regionales por su obtención (CEPAL, 2016).

La extracción de recursos naturales se ha aumentado de 22 mil millones de toneladas en la década de 1970 a 70 mil millones de toneladas en 2010, principalmente debido a que los países más ricos consumen diez veces más material que los países más pobres, y hasta el doble del promedio mundial. Si continuamos consumiendo los recursos al mismo ritmo, se estima que para el 2050 se requerirán 180 mil millones de toneladas de material anualmente para garantizar la demanda. Esto provocará la acidificación y eutrofización del suelo y, además generará una mayor cantidad de contaminación y residuos (CEPAL, 2016).

En cuanto a la generación de contaminación ambiental, la industria de la construcción es una fuerte responsable de la explotación de recursos del planeta: el sector

consume un 40% del uso mundial de materiales pétreos y 25% de la explotación de madera cada año. La contaminación en términos de luminosidad y acústica afectan el ciclo diurno de algunos animales, además de que, a largo plazo, es posible que se afecten el aire y el agua de sus ecosistemas. La construcción genera el 39% de las emisiones de dióxido de carbono, las cuales se relacionan con la energía empleada para las operaciones, tales como los procesos constructivos, la fabricación y movilización de materiales (Dobrowolska, 2021).

Alrededor del 50% de los materiales empleados en la construcción son extraídos de la corteza terrestre, generando residuos por un valor de 450 millones de toneladas al año. Dicha cantidad se incrementa con el transcurso del tiempo, mientras su tratamiento se vuelve más complejo debido a que se emplea una mayor diversidad de materiales. Esto genera la necesidad de crear sitios de disposición de residuos y hace que las actividades de extracción de materias primas se intensifiquen (Arenas, 2003).

1.2 Ecuador: Construcción y su Impacto en el Medio Ambiente

La repercusión de los asentamientos humanos en el medio ambiente se produce por varias razones, pero las dos principales son: el consumo desmesurado de recursos naturales y el descontrolado crecimiento demográfico. El uso de recursos se da dependiendo del crecimiento económico, y está directamente asociado al sector de la construcción. Por otra parte, el crecimiento demográfico se concentra principalmente en la zona urbana, y esto suma nuevas problemáticas de sostenibilidad originadas por la precariedad de la calidad de vida en los nuevos asentamientos (Daza, 2010).

En el Ecuador, la industria de la construcción es un participante notable en la economía del país, generando alrededor del 9% del producto interno bruto (PIB). Cabe señalar que en los países más desarrollados se observa una explotación intensiva de materiales, y esto causa una búsqueda de mayores ganancias monetarias, lo que, al mismo tiempo, degrada la calidad del medio ambiente (Daza, 2010).

Dentro del ámbito de la construcción en el Ecuador, en el año 2020 un total de 10 provincias concentraron el 83,7% de las edificaciones proyectadas para construirse. La mayoría mostraron un descenso importante en relación al año 2019. Entre las principales están las provincias de Azuay, Santo Domingo y Esmeraldas. En este mismo ámbito, los cantones más representativos en cuanto a construcciones proyectadas fueron Quito, Guayaquil y Portoviejo (INEC, 2021).

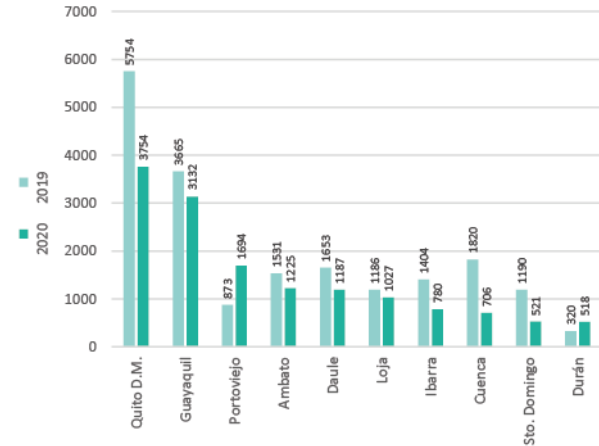
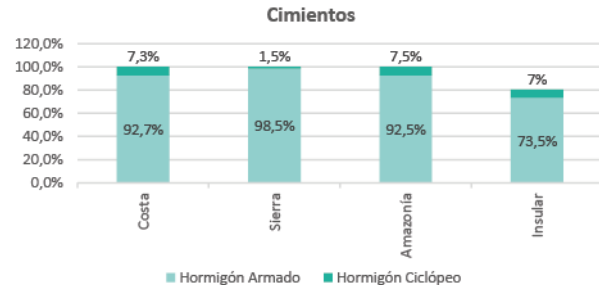


Figura 3. Edificaciones Proyectadas. Periodo 2019-2020, principales cantones.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de la Encuesta Nacional de Edificaciones (ENED), 2020.

En términos de materiales predominantes en la construcción en el Ecuador, en el año 2020, el hormigón fue el principal material de construcción utilizado en cimientos y estructuras en todas las regiones del país. En cuanto a las cubiertas de las edificaciones, el zinc es el material más utilizado en las regiones de la Amazonía y la Costa (INEC, 2021). Dicha información indica que existe un uso de materiales alternativos muy bajo. En este caso el uso de la madera o de materiales sostenibles es casi nulo.



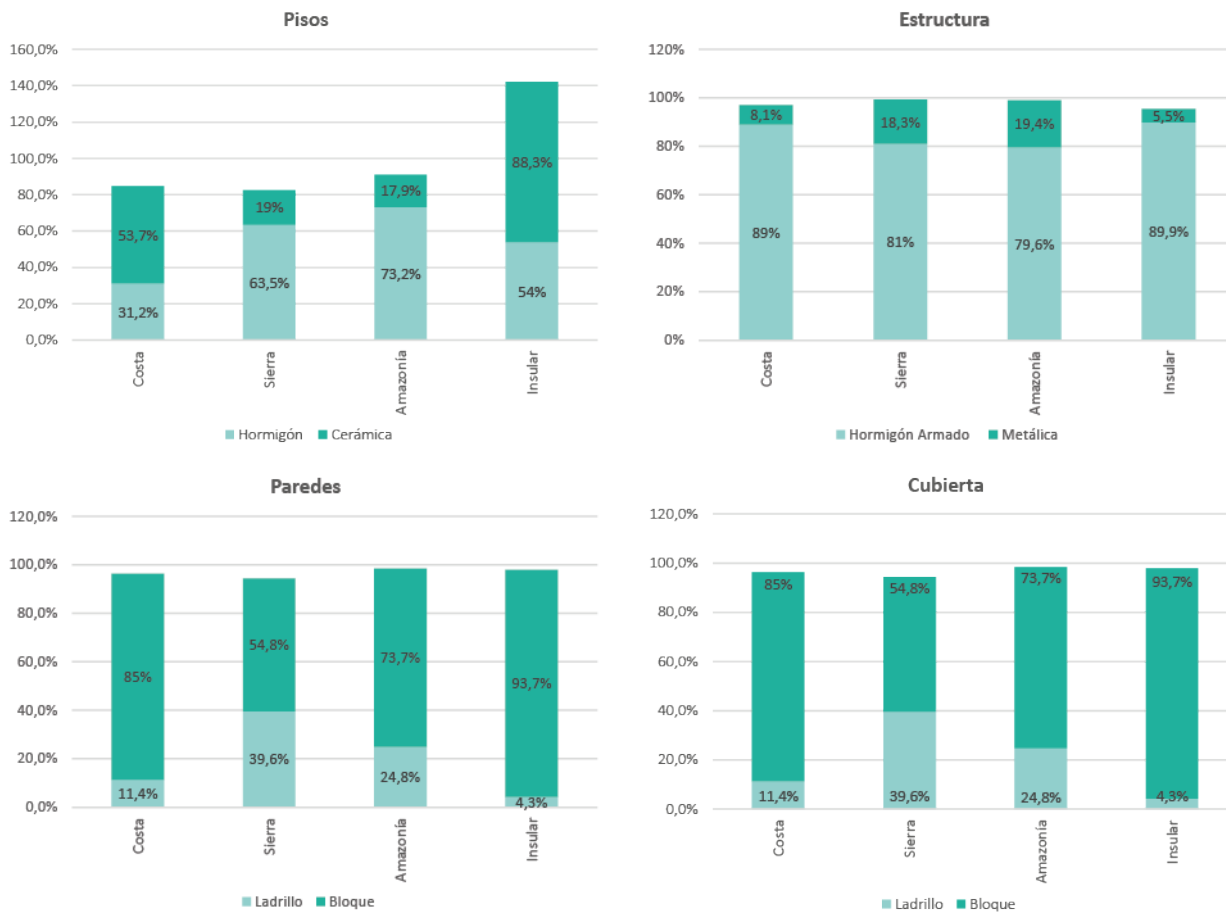


Figura 4. Uso de materiales predominantes por región.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de Encuesta Nacional de Edificaciones (ENED), 2020.

En lo que se refiere al Ecuador, existe un escaso o casi nulo control ambiental en cuanto a la construcción; aunque poseamos la Ley de Gestión Ambiental y a pesar de existir sanciones económicas para los contratistas en la construcción, se evidencian en muchos sectores del país y de algunas ciudades, escombros, residuos de materiales y basura mal administrada.

Por lo pronto en el Ecuador y específicamente en la ciudad de Quito, no existe una guía con lineamientos para el diseño de edificios en altura centrado en la sostenibilidad. Por ende, como futuros arquitectos no poseemos una referencia que consultar para poder desarrollar nuestros proyectos con un enfoque en la sostenibilidad. Así mismo, tenemos que empezar a utilizar buenas prácticas para proyectarnos a un futuro en el que la construcción sea totalmente beneficiosa al medio ambiente. En concordancia, existe una oportunidad para reciclar materiales de residuo pertenecientes a diversas industrias. En el caso de países en vías de desarrollo, como el Ecuador, sería posible aprovechar los residuos de las agroindustrias, debido a que representan un gran volumen y tienen dificultades para su disposición. Dichos desechos son: el bagazo de caña, tallos y cáscaras de arroz y trigo, desechos vegetales, té, aceite, fibras de yute, cáscaras de nuez molida, aserrín, cascara de coco, tallos de algodón, entre otros (Espinoza & Bravo, 2019).

Lamentablemente la construcción sostenible se enfrenta a ciertos desafíos que son bastante comunes en el área, como la falta de referentes arquitectónicos en los que basarse para la selección de materiales u optimización de recursos. Adicionalmente, poseemos dificultad para cumplir con la normativa vigente en cuanto a la construcción sostenible, y finalmente, no existe mano de obra especializada en construcción con recursos naturales o ya existentes (Redacción, 2021).

Adicional a esto, la industria de la construcción se debe enfrentar a presiones competitivas para controlar los costos de los materiales, ya que ciertos materiales sostenibles son mucho más costosos en comparación a los tradicionales. Por otro lado, se debe enfocar en disminuir el costo de la energía y de los combustibles, así como la huella de carbono, esto mientras se requiere el uso de maquinaria pesada que consume una gran cantidad de energía (Lynch, 2021). Finalmente, existen estándares insuficientes para disponer de los residuos industriales, se presentan desafíos a la hora de comparar insumos constructivos utilizando criterios ambientales y en ocasiones, la viabilidad económica se ve afectada por condiciones desfavorables en el mercado (Cramer, 2023).

Esta investigación es importante para la arquitectura sostenible ya que como futuros arquitectos nos vemos en una situación desafiante para cambiar el futuro de la industria constructora. Este tipo de arquitectura nos brinda una variedad de soluciones amigables con el medio ambiente y además nos aporta con efectos positivos para incrementar la calidad de vida de los usuarios de nuestras construcciones. Adicionalmente, gracias a los avances tecnológicos, tenemos la oportunidad de aportar positivamente al sector y de ofrecer alternativas viables para lograr construcciones modernas y que al mismo tiempo aporten positivamente al medio ambiente.

La arquitectura sostenible posee grandes ventajas para el sector de la construcción, tales como: reducción del uso de energía en climatización e iluminación, sistemas renovables como captación de aguas lluvias, el uso de materiales de construcción de producción eco amigable y que presenten una vida útil prolongada, la utilización de recursos naturales como el viento y el sol para proveer confort dentro de los espacios edificados, la energía renovable, los jardines verticales y también el uso de ma-

teriales que son desechos de las actividades humanas o de las industrias.

Con las necesidades de construcción sostenible en las ciudades, es importante exigir soluciones ecológicas, por eso las empresas que desarrollen productos que cumplen con estas características también deben ser incentivadas. Estas empresas, al estar trabajando en concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, asumen un compromiso de responsabilidad con el medio ambiente y la sociedad; y esto no solo aporta beneficios comunes, sino que obtienen ventajas individuales, como, por ejemplo, una mayor reputación corporativa (ExpokNews, 2021).

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Generar una guía que contenga los lineamientos generales para el diseño y construcción de edificios sostenibles en altura en Quito. Haciendo énfasis en el consumo energético, la eficiencia hídrica y la energía incorporada en los materiales.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Definir los alcances de sostenibilidad para el consumo energético, la eficiencia hídrica y la energía incorporada en los materiales, mediante el estudio del Plan de Acción Climático de Quito a 2030 y el análisis del software especializado EDGE.
- Comparar el consumo energético, la eficiencia hídrica y la energía incorporada en los materiales mediante el análisis de un caso base y un caso optimizado para poder aplicarlo en los lineamientos generales para el diseño de edificios sostenibles en altura.
- Evaluar los resultados obtenidos de la comparación mediante el estudio del Plan de Acción Climático de Quito a 2030 y el software EDGE para poder aplicarlo en los lineamientos generales para el diseño de edificios sostenibles en altura.

1.4 Fundamentación Teórica

TEMA	SUBTEMA	FUENTE	AUTOR	AÑO
Arquitectura Sostenible	Arquitectura Sostenible	Arquitectura Sostenible: Entre Medición y Significado	Carmela Cucuzzella y Sherif Goubran	2022
		Arquitectura Bioclimática	Gabriela del Cisne Conforme Zambrano y José Luis Castro Mero	2020
	Características de la Arquitectura Bioclimática	Arquitectura Bioclimática	Gabriela del Cisne Conforme Zambrano y José Luis Castro Mero	2020
	Arquitectura Biomimética	Arquitectura Biomimética y Biomímesis	Andrea López-Maroto González-Pueblas	2020
	Arquitectura Bioclimática	Arquitectura Bioclimática	Gabriela del Cisne Conforme Zambrano y José Luis Castro Mero	2020
	Bioconstrucción	Bioconstrucción a detalle: una experiencia compartida	Luis Fernando Guerrero Baca	2019
Edificios en Altura	-	Edificios en Altura	Luisa Basset Salom	s.f.
Estrategias de la Arquitectura Sostenible	Estrategias Activas y Estrategias Pasivas	Arquitectura Bioclimática	Gabriela del Cisne Conforme Zambrano y José Luis Castro Mero	2020
¿Qué son los edificios de alto desempeño?	Importancia de los Edificios de Alto Desempeño	Propuesta de un método de integración basado en las herramientas de Integrated Project Delivery y Virtual Design and Construction para reducir el impacto de las incompatibilidades en la etapa de diseño de edificios residenciales de alto desempeño en la Lima Metropolitana	Andrea Jeaneth Bravo Dedo y Julio César Mendoza Fajardo	2019

Certificaciones de Sostenibilidad en la Construcción	Certificación LEED	Construcción Sostenible: Implementación de la metodología de certificación LEED para la evaluación de la sostenibilidad en proyectos constructivos	Cristian Camilo Morales y Gabriel Alberto Mariño Valcárcel	2017
		Certificación LEED para un edificio multifamiliar	Carlos Fidel Amurrio Albarracín	2018
	Certificación EDGE	Propuesta de Criterios de Sostenibilidad para edificios multifamiliares a nivel de certificación EDGE y sus beneficios en su vida útil (obra, operación y mantenimiento) frente a una edificación tradicional. Caso: edificio en el distrito de Santa Anita - Lima	Gerald Kevin Lecca Díaz y Luis Alberto Prado Canahuire	2019
		Comparación de presupuestos entre edificaciones tradicionales y edificaciones sostenibles con certificación EDGE	Oscar Michael Asalde Vargas y Wendy del Pilar Chávez Ignacio	2020
	Certificación BREEAM	Caso práctico de aplicación de certificación BREEAM en edificio de 105 viviendas seminario en Zaragoza	Antonio David Castellanos Castillo, Pablo José Martínez García, Juan Gabriel Juan SanJosé, Juan Seara Biurrun, Ángel Farinos Said	2018
		Certificación BREEAM. Casos en los que es más favorable y cómo evitar el green washing	Eva García Muñoz	2023
Criterios de Evaluación según Herramientas Nacionales	Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035	Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable	2017
	Plan de Acción para la Reducción de Huellas DMQ, Ecuador	Plan de Acción para la Reducción de Huellas DMQ, Ecuador	Banco de Desarrollo de América Latina	2014
	Plan de Acción Climático de Quito	Plan de Acción Climático de Quito	Secretaría del Ambiente	2018
	Herramienta de Eco-Eficiencia del DMQ	Análisis comparativo: Herramienta de EcoEficiencia del Distrito Metropolitano de Quito y Certificación EDGE	Gabriel Isaac Merino Aguilera	2021

Consumo Hídrico y Energético en el Ecuador	Consumo Energético en el Ecuador	Balance Energético Nacional	Ministerio de Energía y Recursos No Renovables	2019
	Consumo de Agua en el Ecuador	Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos	2022
Eficiencia Energética e Hídrica y Gestión Sostenible de Residuos	Eficiencia Energética	Análisis del Plan Nacional de Eficiencia Energética en el Ecuador	Andrea Cristina Pazmiño Miranda	2020
	Eficiencia Hídrica	Reflexiones sobre la gestión del agua en América Latina y el Caribe	Andrei Jouravlev, Silvia Saravia Matus y Marina Gil Sevilla	2021
	Recolección de Aguas Lluvias	Recolección y Reutilización de las Aguas de Lluvia en Edificios como Beneficio para las Ciudades	Juan Ignacio Demartini, Lisandro Piga y Griselda Alicia Bertoni	2019
	Gestión Sostenible de Recursos	Plan de mejora del estudio de gestión integral de residuos sólidos de construcción Banco del Pacífico	José Alejandro Delgado Larrea, Alexis Wladimir Valle Benítez y Segundo Eugenio Delgado Menoscal	2021
Uso de Materiales Alternativos para Reducir el Impacto Ambiental en la Construcción	-	Materiales alternativos como oportunidad de reducción de impactos ambientales en el sector construcción	María Fernanda Hernández Zamora, Sebastián Jiménez Martínez y Juan Ignacio Sánchez Monge	2021
Uso de Domótica en la Arquitectura Sostenible	-	Domótica, el hogar digital	Diego Alejandro Mateus Cruz, Jonathan Esteban Molina Castañeda, María Camila Jaramillo Benavides	2018

Ciclo de Vida de las Edificaciones y Construcción Resiliente	Ciclo de Vida de las Edificaciones	Estudio de Huellas en el Ciclo de Vida del Edificio Residencial	Cristina Rivero Camacho y Madelyn Marrero Meléndez	2020
	Construcción Resiliente	Resiliencia, arquitectura y urbanismo en el desarrollo sostenible de la ciudad latinoamericana: caso La Concordia	Sonia Emilia, Leyva Ricardo, José Armando Pancorbo Sandoval, Bolívar Josué Encarnación Fernández, Renato Patricio Erazo Rivera y Ramiro Lapeña Sanz	2018

1.4.1. La Arquitectura Sostenible

La arquitectura sostenible es una práctica en la que se construye de manera coherente y en relación a las condiciones climáticas propias del lugar. Esta práctica impulsa la recuperación y el uso de los recursos existentes racionalmente y con una planificación adecuada (Conforme & Castro José Luis, 2020). También se define como una manera de diseño y construcción de edificios para que coexistan en armonía con el entorno que los rodea; adicionalmente se piensa en reducir los impactos negativos sobre la flora, la fauna, los recursos naturales, las comunidades y la economía (Cucuzzella & Goubran, 2022).

Esta arquitectura requiere de un conocimiento pleno en cuanto a los factores físicos y geográficos del lugar en donde se prevé construir para poder ser aplicada. Entre estos factores se debe considerar: los vientos, la radiación solar, la precipitación, la humedad y la temperatura. Adicionalmente se debe tener consideración acerca de la vegetación nativa y la disponibilidad de materiales a

utilizarse. Entre las características de la arquitectura sostenible tenemos el confort térmico, los materiales con múltiples ventajas y un diseño que se acople al usuario (Conforme & Castro José Luis, 2020).

- **Confort térmico:** Las construcciones que se proyecten bajo esta característica permitirán que el usuario disfrute de una temperatura cómoda y agradable sin importar las condiciones climáticas del exterior. Sin embargo, esto no se consigue mediante sistemas de calefacción o ventilación que emplean electricidad o combustible. Ante estos casos se pueden emplear techos a doble altura con ventanas colocadas estratégicamente, aplicar aislantes que eviten que las ondas de frío o calor penetren el interior. Adicionalmente se puede acudir al uso de pérgolas o láminas de aislamiento que conserven la temperatura interior de manera estable (Conforme & Castro José Luis, 2020).

- **Materiales con múltiples ventajas:** Los materiales inteligentes brindan una gran cantidad de beneficios. Por una parte, la durabilidad, causa que no se necesite un constante cambio o mantenimiento, proporcionando un ahorro de dinero. Mientras que otras características como el aislamiento tanto acústico como térmico, permiten evitar la humedad, la proliferación de ácaros y el flujo de polvo que nos pueden causar alergias o enfermedades respiratorias (Conforme & Castro José Luis, 2020).
- **Diseño que se acople al usuario:** Los materiales que se utilizan en la arquitectura sostenible no necesariamente son incómodos, sino que poseen un uso altamente decorativo. Algunos disponen texturas que imitan a los materiales naturales, pero su gran mayoría tienen la capacidad de pintarse o personalizarse mediante tratamientos especiales. Por ende, resultan muy útiles a la hora de decorar pisos, muros y cielos rasos (Conforme & Castro José Luis, 2020).

Dentro de la arquitectura sostenible no todo lo que se vende como sustentable lo es: un caso común son las edificaciones que utilizan paneles solares o poseen materiales reciclados, esto no las hace del todo sostenibles. Dentro de esta rama de la construcción encontramos distintos tipos de arquitectura sostenible:

- **Arquitectura biomimética:** La biomímesis es el arte de imitar lo natural y cómo funcionan los sistemas vivientes. En esta rama se hace referencia a los sistemas que han evolucionado en el transcurso de los años para adaptarse a las condiciones actuales. La arquitectura biomimética lleva los rasgos de la naturaleza a la construcción (López-Maroto, 2020).
- **Arquitectura bioclimática:** Radica en diseñar edificaciones tomando en cuenta las condiciones climáticas y utilizando los recursos naturales disponibles, con la finalidad de reducir el impacto ambiental. Está altamente relacionada con la construcción eco-

lógica, que es aquella que es responsable con el ambiente y que ocupa recursos eficientemente durante el ciclo de vida de la construcción (Conforme & Castro José Luis, 2020).

- **Bioconstrucción:** Es la creación del hábitat humano encaminado a lugares y personas en específico. Este tipo de arquitectura se basa en las experiencias técnicas de las culturas locales y las prácticas ancestrales, pero al mismo tiempo se enriquece de transferencias tecnológicas. Su planteamiento es altamente respetuoso con el medio ambiente, debido a que se basa en los éxitos del pasado (Guerrero, 2022).

La arquitectura sostenible requiere distintas estrategias que nos ayudan a reducir el impacto ambiental que produce la edificación; además nos permiten reducir las emisiones del mismo una vez terminada su construcción y cuando se comienza a habitar. Se puede reducir el consumo hídrico, controlar las emisiones de CO₂ y la gestión de residuos, y esto se logra únicamente diseñando según las condiciones ambientales específicas del entorno junto con las estrategias bioclimáticas, la correcta selección de materiales, aprovechando la industrialización de los recursos para reducir el tiempo de construcción y los residuos generados en la obra (PR Picharchitects, 2022).

Entre las estrategias pasivas de la arquitectura sostenible tenemos el control de los aspectos climáticos dentro de las edificaciones, que, a través de un correcto empleo de recursos, repercute en la radiación solar y facilita su efecto mediante el uso de aislantes y la inercia térmica de los materiales, ya que funcionan como sistemas de amortiguamiento y control. Adicionalmente una correcta selección de vidriería y materiales constructivos de la estructura, los cerramientos y la mampostería permite la obtención de resultados eficientes (Conforme & Castro José Luis, 2020).

En cuanto a las estrategias activas, estas consisten en aplicar directamente las nuevas tecnologías para aprovechar la energía renovable como las energías: solar, eólica o de biomasa. Adicionalmente, en esta clasificación, entrarían todos los sistemas que proporcionen ahorro de energía y los sistemas de control ambiental que requieran un consumo de energía al principio para un adecuado funcionamiento, por ejemplo, los sistemas de domótica o los sistemas variables de iluminación (Conforme & Castro José Luis, 2020).

1.4.2. Edificios en Altura

Un edificio en altura no solamente es aquel que posee una gran cantidad de plantas, en su lugar se trata de una edificación que reúne ciertas condiciones, como por ejemplo: su altura supera los 50 metros de altura o en su lugar, posee más de 12 plantas, debe ser esbelto, en su diseño se toman en cuenta las fuerzas horizontales por sobre las verticales en términos de cálculo estructural, y finalmente, este debe estar dotado de varias tecnologías específicas, tales como el transporte vertical, las instalaciones, los arriostramientos y su mantenimiento (Basset, s. f.).

Para la selección de una estructura correcta para una edificación en altura, se deben considerar varios condicionantes, así como su desempeño estructural. Dentro de ellos, se podrían mencionar los siguientes:

- Las condicionantes que posea el terreno, son mucho más importantes a tener en cuenta que en las estructuras convencionales.
- La proporción entre el ancho y la altura, esto debido a que su magnitud influirá en la rigidez de la edificación. En ese sentido, se seleccionará el diseño estructural que se adapte de mejor manera a las

cargas y a la longitud de los vanos.

- El proceso de construcción de la edificación y el mecanismo de elevación de los elementos.
- Las restricciones económicas relacionados no solo a la construcción del edificio, sino a su posterior mantenimiento.
- Las instalaciones, dado que representan más de allá de la tercera parte del costo de estas edificaciones, y adicionalmente, deben planearse cuidadosamente.
- Sistemas de protección contra incendios, puesto que la mayoría parte de los pisos se encuentran a un nivel más alto que la longitud de alcance de las escaleras de bomberos. Se requiere un aislamiento de las zonas afectadas y sistemas de evacuación, además de sistemas de ventilación y extinción adecuados.

1.4.3. La Arquitectura Sostenible y los Edificios de Alto Desempeño

Un edificio de alto desempeño consiste en una construcción que optimiza los programas espaciales, además de todas las características de alto rendimiento entre las cuales están la eficiencia energética, la accesibilidad, la durabilidad, la seguridad y la sostenibilidad. Aunque el término pueda parecer un poco sofisticado, esencialmente cubre lo que debe tener y lo que debe funcionar dentro de una edificación. En la mayor parte de casos, el diseño de alto desempeño se basa en datos recopilados de varios análisis y simulaciones que se ejecutan en una variedad de aplicaciones. Al garantizar una alta precisión, los resultados pueden usarse tanto en el presente como a futuro (Hnin, 2023).

Dentro de la arquitectura sostenible se conoce el término de “edificios de alto desempeño”, y son edificaciones

que permiten a los usuarios realizar actividades cotidianas de forma sostenible y eficiente. En estos casos, la edificación debe cumplir con cuatro criterios de suma importancia: que sea construible, operable, utilizable y sostenible. En resumen, el edificio podrá ser construido de manera segura bajo los lineamientos correspondientes, adicionalmente su mantenimiento es sencillo y eficiente, cumple su funcionalidad, satisface las necesidades de sus usuarios y no conlleva contaminación ni vulneración de la salud (Bravo Dedo & Mendoza Fajardo, 2019).

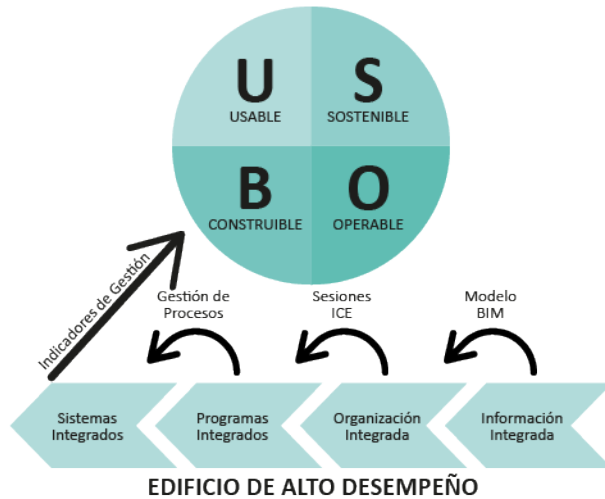


Figura 5. Secuencia hacia un edificio de alto desempeño.
Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de Khanzode, Reed, Fischer & Ashcraft, 2023.

1.4.4. Certificaciones de Sostenibilidad en la Construcción

Los edificios en altura se caracterizan por ser consumidores de electricidad, agua y recursos en gran cantidad, y adicional a esto, su operación y mantenimiento resultan costosos. Los edificios sostenibles pueden ser más caros por una serie de variables, pero cuando la planeación y el diseño se proyectan de manera adecuada, la sostenibilidad generalmente no conlleva a mayores costos de construcción. Es por ello que actualmente, toman como referencia principal el progreso de la industria de la construcción que se apliquen los conceptos de sostenibilidad y ecología, y para esto existen varias certificaciones a las que se pueden dirigir nuestras prácticas.

1.4.4.1. Certificación LEED

LEED, que se refiere a “Leadership In Energy and Environmental Design”, es actualmente el sistema de certificación de edificios más utilizado alrededor del mundo. Se encarga de proporcionar comprobación independiente de los aspectos de sostenibilidad que posee una edificación o desarrollo urbano, permitiendo que el diseño, la construcción, la puesta en marcha y el mantenimiento resulte eficiente en cuanto al aprovechamiento de recursos, que posean un rendimiento elevado y que deriven en un resultado más rentable y saludable (Lecca Díaz, 2019).



Figura 6. Los Seis Categorías de Crédito de la Certificación LEED.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de VRC Management, 2021.

1.4.4.2. Certificación BREEAM

La certificación BREEAM premia el uso de materiales de bajo impacto y fomenta que los productos y materiales de la construcción posean etiquetas o declaraciones ambientales. Además, promueve al uso de materia que haya sido adquirida de manera responsable, basándose en el nivel y ámbito de la certificación obtenida por el proveedor o fabricante del material (Castellanos Castillo, Martínez García, Seara Biurrun, Farinos Said, & Pérez Benedicto, 2018). Adicionalmente esta metodología consiste en un cuestionario con preguntas y respuestas que reflejan los aspectos más importantes relacionados con la sostenibilidad, los cuales sirven para la evaluación de la edificación (García Muñoz, 2023).

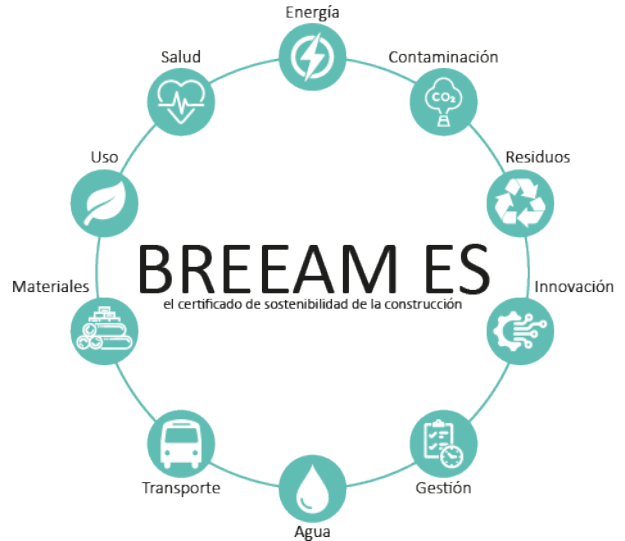


Figura 7. Certificación BREEAM.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de iagua, 2020.

1.4.4.3. Certificación EDGE

La certificación EDGE se enfoca en la generación de edificaciones de alta eficiencia en cuanto al aprovechamiento de recursos para proyectos comerciales y residenciales. Esta certificación brinda la facilidad a los propietarios y equipos de diseño para llevar a cabo la evaluación y comparación de los presupuestos estimados en las diferentes estrategias del diseño, mismas que están dirigidas a la disminución del uso de energía, la eficiencia hídrica y la disminución del carbono incorporado final en los materiales (Lecca Díaz, 2019).

Para obtener EDGE, se busca una reducción en los siguientes elementos:



Figura 8. Certificación EDGE.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de Bioconstrucción y Energía Alternativa, s.f.

1.4.5. Criterios de Evaluación según Herramientas Nacionales

El objetivo de evaluar las edificaciones mediante las herramientas nacionales es reducir los impactos de las edificaciones sobre la sociedad, la economía y el medio ambiente. Además, se toman en cuenta criterios ambientales que protegen la biodiversidad, el uso de materiales con menos impacto o de materiales reciclados, una correcta gestión energética y sus emisiones asociadas (González, 2022).

1.4.5.1. Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035 (PLANEE)

El Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035 (PLANEE) plantea las propuestas más adecuadas y aplicables a la realidad del Ecuador. Está basado en normativas internacionales de aprovechamiento tecnológico. Además, recoge las lecciones y experiencias aprendidas en cuanto a la aplicación de las medidas de eficiencia energética en el país durante los años 2007 al 2015. Asimismo, este plan fomenta el reemplazo progresivo de combustibles y fuentes energéticas que causan un impacto ambiental elevado, por otras con un escaso o nulo contenido de carbono, e incluye a las fuentes de energía renovable (Banco Internacional de Desarrollo & Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2017).

La principal finalidad del PLANEE consiste en aumentar el uso eficiente de la energía, lo que se pretende lograr a través de la ejecución de proyectos y programas de eficiencia energética dentro de los sectores en relación con la oferta y demanda de este recurso. La finalidad es disminuir la importación de derivados del petróleo, ayudar a reducir los efectos del cambio climático y finalmente fomentar una cultura de eficiencia energética que se respalde mediante bases institucionales y jurídicas (Banco Internacional de Desarrollo & Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2017).

En cuanto a los ejes: residencial, comercial y público del PLANEE, tenemos que estos sectores generan el 18% del consumo de energía total y el 57% del uso eléctrico del Ecuador. Por ende, se han desarrollado regulaciones e incentivos fiscales, así como se han impulsado una gran cantidad de propuestas relacionadas con la eficiencia energética. De esta manera se ha conseguido una considerable reducción del consumo de electricidad a nivel

nacional; y durante el periodo horario de mayor demanda se logró disminuir alrededor de 362 MW de potencia, significando un ahorro que supera los 720 millones de dólares por costos no incurridos en la instalación de infraestructura nueva para la generación eléctrica requerida para abastecer la demanda.

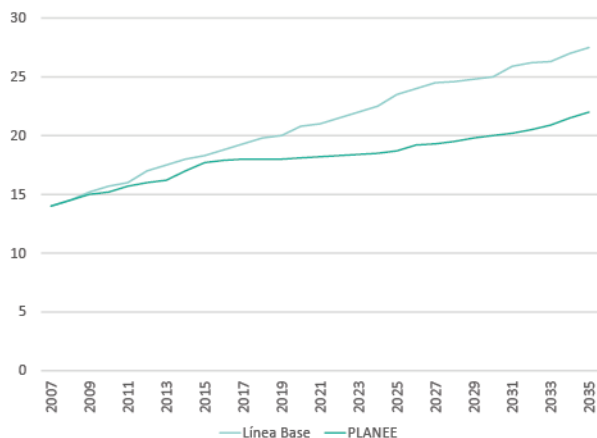


Figura 9. Energía Evitada en el Eje Residencia, Comercial y Público.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de PLANEE, 2017.

1.4.5.2. Plan de Acción para la Reducción de Huellas DMQ, Ecuador

Para los sectores comercial y residencial, el Plan de Acción para la Reducción de Huellas DMQ propone una línea de acción de reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, considerando que la huella de carbono de los sectores institucional, comercial y residencial es de 1.016.305 toneladas de CO₂e, que equivale al 20% de la huella de carbono total del Distrito Metropolitano

de Quito. Entre las sub líneas de acción encontramos el aumento de la eficiencia energética y el aprovechamiento de energías limpias o renovables.

Resultados Obtenidos	Programas	Acciones	Temporalidad
Terrazas verdes en edificaciones implementadas en el marco de una propuesta de ordenanza de construcción sustentable.	Plan de Acción Climático de Quito	Terrazas verdes e incentivos a la construcción sustentable.	Mediano
Empresas de Eficiencia Energética (E3Q) creadas para desarrollo de tecnologías innovadoras que generen menor consumo energético en el DMQ.	Plan de Acción Climático de Quito	Creación de Empresas de Eficiencia Energética E3Q.	Mediano
Uso eficiente de energía promovido.	-	Educación para uso eficiente de energía	Corto

Tabla 1. Sub Línea de Acción 3.1: Incremento en la Eficiencia del Uso de Energía.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico del Plan de Acción para la Reducción de las Huellas, Distrito Metropolitano de Quito, 2023.

Resultados Obtenidos	Programas	Acciones	Temporalidad
Contribuir al cambio de la matriz energética en el DMQ mediante la introducción del Gas Natural Comprimido.	Plan de Acción Climático de Quito	Cambio de matriz energética en el DMQ (Fase I, Gas Natural).	Corto
Sistemas de colectores solares de calentamiento de agua y paneles solares fotovoltaicos instalados.	Plan de Acción Climático de Quito	Energías renovables en edificaciones y proyectos municipales.	Corto
Cultura de consumo responsable en establecimientos públicos creada.	Plan de Acción Climático de Quito	Buenas prácticas ambientales en instituciones municipales - ecooficinas.	Corto
Sistema de reducción de huella de carbono mediante compensación de emisiones de CO ₂ a través de proyectos municipales creado e implementado.	Plan de Acción Climático de Quito	Responsabilidad social corporativa y sistema metropolitano de compensación de emisiones de CO ₂ para el sector privado en el DMQ.	Mediano
Sistema energético des-fosilizado y generación limpia de energía.	-	Huertos solares para la generación de energía eléctrica para el DMQ.	Mediano
Energías limpias y renovables empleadas.	-	Energía renovable (paneles solares y calefones solares en domicilios).	Mediano
-	-	Reemplazo de luminarias eficientes en el Centro Histórico de Quito.	Corto
-	-	Cambio de la matriz energética.	Corto

Tabla 2. Sub Línea de Acción: Uso de Energías Limpias/ Renovables.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico del Plan de Acción para la Reducción de las Huellas, Distrito Metropolitano de Quito, 2023.

1.4.5.3. Plan de Acción Climático de Quito a 2030

De acuerdo con el Plan de Acción Climático de Quito, una de las principales oportunidades que tenemos para satisfacer los compromisos asumidos en el Acuerdo de París proviene de los proyectos que se han entregado a nivel local, y estos reflejan las necesidades y circunstancias que presentamos. Por ello, el Plan de Acción Climático de Quito, propone algunos elementos importantes para cumplir con los objetivos, como:

- **Meta, reducción y camino de acción:** Reduce las emisiones con la finalidad de alcanzar la trayectoria

en línea con 1.5 grados para la ciudad.

- **Evaluación de Riesgo Climático:** Que la ciudad pueda adaptarse al cambio climático, de manera que se reduzcan los riesgos de la población de forma significativa.
- **Plan de Implementación:** El Plan de Acción Climático es un plan amplio y detallado que plantea claramente cómo se llevará a cabo la transformación mediante la asignación de responsabilidades y plazos.

Por lo pronto, el Plan de Acción Climático consiste en un importante mecanismo que definirá el futuro sostenible y equilibrado de la ciudad de Quito con el medio ambiente y priorizará la calidad de vida de los quiteños. Además, es importante que el plan sea construido con una gran participación de los sectores y actores, principalmente los grupos de interés que resultan más afectados por el cambio climático. Finalmente, la ciudad de Quito ha trabajado para contrarrestar los impactos y causas del cambio climático, y está comprometida a avanzar en la lucha

contra esta problemática a nivel local, nacional y global (Secretaría de Ambiente, 2018).

1.4.5.4. Herramienta de Eco-Eficiencia del Distrito Metropolitano de Quito

A manera de una contribución al desarrollo sostenible de la ciudad de Quito, el Municipio del Distrito Metropolitano desarrolló una Herramienta de Eco-Eficiencia que permita organizar los patrones de crecimiento de la ciudad. Esto promueve proyectos inmobiliarios de alta densidad que sean cercanos a los sistemas Ecovía, Trolebus o Metrobus. Adicionalmente, serían compatibles con el Metro de Quito.

La Herramienta de Eco-Eficiencia clasifica los proyectos según la altura que poseen y en este sentido existen 4 categorías: pequeño, mediano, grande y extra grande. Estas categorías se asignan mediante el número de pisos que las edificaciones aspiran a tener y adicionalmente el área mínima requerida por proyecto también se mide en función del número de pisos que tendrá.

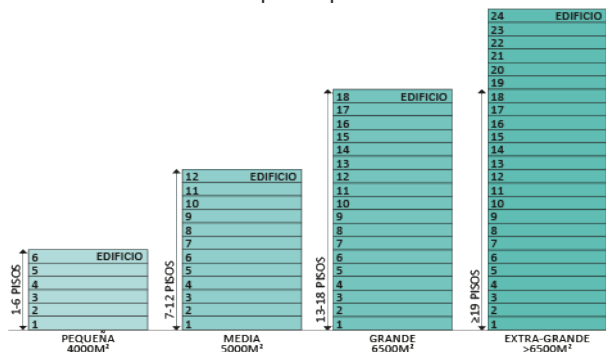


Figura 10. Escala de Edificaciones por Altura y Área Útil.
Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de la Secretaría de Territorio, 2020.

Finalmente, la Herramienta de Eco-Eficiencia se presenta con una matriz que posee 20 parámetros que están clasificados entre aportes paisajísticos, energía y agua, los cuales no solo se enfocan en la correcta gestión de residuos, sino que proponen maneras de aumentar la eficiencia en el uso general de recursos. Como ejemplos tenemos el parámetro de la eficiencia hídrica, que se concentra en disminuir el desperdicio de agua, y el parámetro de reutilización de aguas lluvias, que disminuye el consumo de agua facturada para fines secundarios, además de reducir la carga de este recurso en los sistemas de alcantarillado municipal (Merino Aguilera, 2021).

1.4.6. Consumo Hídrico y Energético en el Ecuador

En el Ecuador, el 72.1% de los hogares tienden a desperdiciar agua, sin embargo, en el área urbana se reduce esta práctica, con un total del 29% de hogares, de acuerdo con los últimos datos de la Encuesta de Buenas Prácticas Ambientales en Hogares del INEC. Según esta investigación, los hogares ecuatorianos consumen al mes en promedio 27.02 m³ de agua, siendo la provincia de Los Ríos en donde más se consume este recurso con un total de 54.5 m³ en promedio, mientras que en la provincia de Cotopaxi, el consumo hídrico es el menor de todos con un total de 11.8 m³ mensuales.

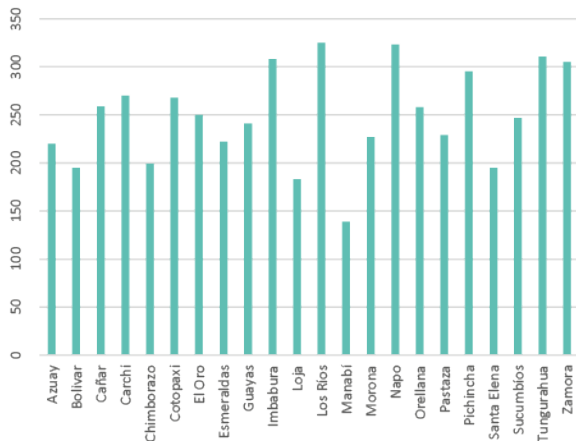


Figura 11. Consumo de Agua por Habitante (m³).

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de Senagua e INEC, 2023.

En promedio por día, un ecuatoriano gasta 249 litros de agua y lamentablemente el valor es notablemente superior a los 100 litros que recomienda la Organización Mundial de la Salud (OMS) con la finalidad de cubrir la demanda para higiene y consumo. Adicionalmente esto es un 40% más que el promedio de consumo regional (Alarcón, 2018).

En cuanto a la cobertura del recurso vital en el Ecuador, esta se ha incrementado y justamente, resulta un componente principal del programa Misión Agua y Saneamiento para Todos. Según información del año 2014, la Sierra posee el mayor porcentaje de cobertura con un 99.20% en el área urbana, seguida por la región Insular que posee un 98.21%, la Amazonía con un 92.56% y la Costa con un 91.19% (Alarcón, 2018).

Por otra parte, tenemos el sector energético, que influye en la mayor parte de los aspectos de las actividades dia-

rias de la sociedad: la fuerza motriz industrial, la cocción, la calefacción y refrigeración, las telecomunicaciones y el transporte, que emplean diferentes tipos de energía para su ejecución. Además, la dinámica de los residentes y comercios del país han causado que este recurso varíe en concordancia con el desarrollo económico y social del país. Y mientras llegan nuevas tecnologías al país es importante realizar inversiones en la infraestructura energética para suplir los requerimientos del consumo.

Por lo pronto, el consumo energético por persona entre el 2009 y el 2019 presentó un aumento del 39.4%, incrementándose de 1.088 kWh por habitante a 1.517 kWh. En concordancia, se ha determinado que el consumo de energía eléctrica por habitante aumentó un 2% entre los años 2018 y 2019, y pasó de 1.488 kWh por habitante a 1.517 kWh (Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2019).



Figura 12. Consumo Eléctrico por Habitante.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de Balance Energético Nacional, 2019.

En cuanto a la demanda de electricidad por provincia, se observa en la siguiente gráfica, que Guayas y Pichincha son las provincias que presentan la mayor demanda de

electricidad, y que en conjunto obtuvieron un total de 11.275 GWh en el año 2019, y este valor representa un 55.1% del total del país (Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2019).

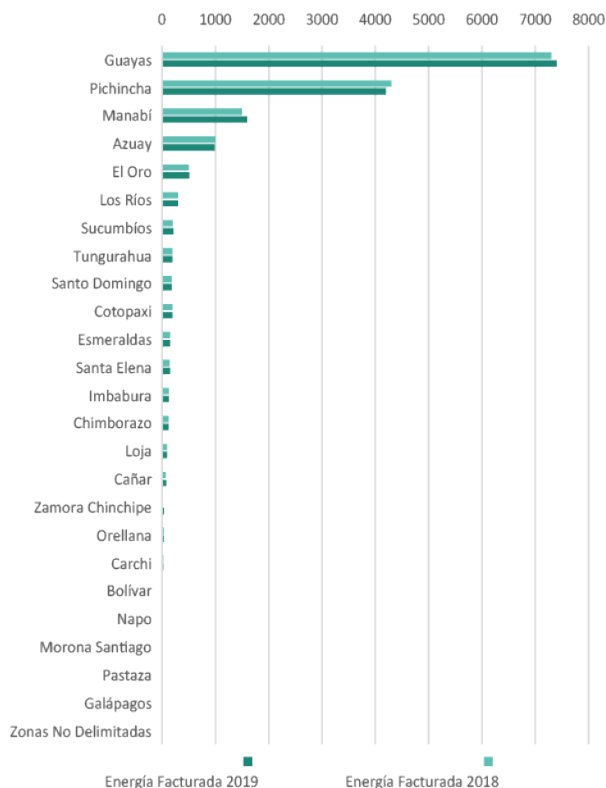


Figura 13. Demanda de Electricidad por Provincia 2018-2019.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de Balance Energético Nacional, 2019.

En el Ecuador, desde el año 2021, el desarrollo de las energías solar y eólica, todavía se encuentra en su mayoría en fase de planificación. No obstante, el gobierno

ecuatoriano tiene como meta la continuación de estos proyectos en los próximos años. Por otra parte, debido a las violentas reacciones ocasionadas por la erosión de los cauces de agua dulce, desde entonces, hasta el año 2030 todavía se espera que la energía hidroeléctrica sea la principal fuente de energía renovable en el Ecuador (POWER, 2021).

1.4.7. Eficiencia Energética e Hídrica y Gestión Sostenible de Recursos

La energía es un elemento fundamental para el desarrollo, cuyo consumo varía acorde con el crecimiento social y económico. Sin embargo, este requiere integrar elementos medioambientales con la finalidad de lograr una política energética enmarcada en el desarrollo sostenible. Existen diversas razones por las que se debe fomentar la eficiencia en el uso de la energía, y entre las más importantes se encuentran la seguridad del suministro, la competitividad de las economías nacionales y la eficiencia y finalmente la problemática ambiental que enfrentamos hoy en día (Pazmiño Miranda, 2020).

En el Ecuador, como se mencionó anteriormente, poseemos el PLANEE, mismo que recopila propuestas basadas en prácticas que se han realizado internacionalmente, como por ejemplo, la progresiva sustitución de combustibles y sobre todo el cambio de fuentes de energía de elevado impacto por alternativas que ofrecen un contenido de carbono reducido e incluso, fuentes de energía renovable, esto de manera que se pueda asegurar a la población actual y a las generaciones venideras, un desarrollo sostenible de la economía mediante el uso de recursos eficaces, inteligentes y responsables con el medio ambiente (Pazmiño Miranda, 2020).

Existen distintas formas en las que la arquitectura puede implementar las energías renovables y las edificaciones pueden integrar estas estrategias logrando, más allá del cumplimiento de propósitos de generación energética sostenible, el de los propósitos funcionales y estéticos. En este sentido se exponen varios proyectos en los que se da respuesta a las necesidades medioambientales, tales como los parkings fotovoltaicos, así como otros que logran una eficiencia energética incorporando sistemas como la climatización inteligente o iluminación eficiente, que se enfocan dentro del diseño como estrategias pasivas (Mendoza García, Molina Alarcón, & Sabando Espinoza, 2022).



Figura 14. Componentes de la Eficiencia Energética.

Fuente: Elaboración propia, basado en la gráfica de Toledo Donoso, 2023.

La eficiencia hídrica se refiere a la reducción del desperdicio de agua, y su correcto uso y gestión. Se diferencia de la conservación, debido a que esta se centra en reducir los desechos y no restringir su uso. Adicionalmente, hace énfasis en la influencia de los consumidores en

cuanto a cambios de comportamiento para reducir el desperdicio de este recurso o la elección de productos que posean una mayor eficiencia. Resulta un problema de alta preocupación debido al aumento poblacional, el cambio climático, la acelerada construcción de edificaciones y el incremento de las emisiones de CO₂ (Pascual, 2014).

El principal objetivo que ofrece la eficiencia hídrica es optimizar el consumo de agua, y esto se logra minimizando sus pérdidas y aprovechando los beneficios que se obtienen de cada unidad de agua que se utiliza. Para lograrlo, se requiere la implementación de diversos tipos de tecnologías ahorradoras, y al mismo tiempo, incorporar prácticas que nos ayuden a reducir el consumo de este recurso sin comprometer su calidad ni rendimiento. Dentro de esto, lo que se busca es equilibrar las necesidades y prioridades del uso correcto del agua, lo que no necesariamente significa que debamos utilizar menos o que se deba recortar, sino que debemos darle un enfoque correcto al uso de agua potable y no potable (Pascual, 2014).



Figura 15. Beneficios de la Eficiencia Hídrica.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Varias ciudades alrededor del mundo sufren problemas debido a intensas precipitaciones, en donde el cambio climático, el continuo desarrollo y crecimiento y la infraestructura de desagües, en su mayoría obsoleta, causan el colapso de los sistemas de alcantarillado pluvial de las ciudades. En este sentido, la cantidad de metros cuadrados de construcción provocan un aumento de superficies impermeables, lo que acarrea una reducción de posibilidades de absorción natural del suelo y por ende una gran acumulación de agua en ciertos sectores, dando lugar a inundaciones en las ciudades (Demartini, Piga, & Bertoni, 2019).

Mediante mecanismos de recolección y reutilización de aguas lluvias, se podrían reducir los caudales de evacuación de estas hacia los desagües públicos, lo que permitiría la descongestión de reservorios, la reducción de volúmenes en metros cúbicos del líquido en las bombas de impulso y adicionalmente se evitaría la acumulación de agua en las zonas deprimidas de la ciudad. En este sentido, se piensa en acumular y reservar este recurso. (Demartini et al., 2019).

En el transcurso de los años se han producido varias afectaciones sobre el medio ambiente, sin embargo, la falta de conocimiento sobre de la gestión de los residuos de la construcción es un problema amplio. Y es por ello que tenemos planes de gestión de residuos sólidos, una herramienta que nace de procesos que han sido regularizados y establecidos mediante las autoridades y funcionarios municipales. Este plan promueve un manejo correcto de los residuos sólidos asegurando eficacia, eficiencia y sostenibilidad, desde el momento que se producen, hasta su disposición final; dentro de estas fases se abarca una disminución, reutilización y reciclaje de los residuos (Delgado Larrea, Valle Benítez, & Delgado Menoscal, 2021).

De acuerdo con el análisis de Delgado, Valle y Delgado (2021) en Guayaquil no se realiza ningún tipo de gestión de residuos, lo cual es desconcertante, ya que resulta un tema de alta importancia y además necesario, y según el estudio realizado, la propuesta se basa en los principios de minimización y reutilización, como una prioridad, para después llevar a cabo el reciclaje de los recursos que no se puedan reutilizar, tales como la obtención de áridos con especificaciones técnicas adecuadas, mediante los procesos de demolición, que pueden servir en obras nuevas (Delgado Larrea et al., 2021).

1.4.8. Uso de Materiales Alternativos para Reducir el Impacto Ambiental en la Construcción

Actualmente existe un aumento de urbanizaciones y una diversa variedad de construcciones que generan un gran consumo de materia prima y recursos naturales, causando un gran inconveniente ambiental generado por la alta demanda, así como por la acumulación masiva de desechos de alto volumen que a su vez requieren un manejo específico. Como se mencionó anteriormente en otro tema, se considera que alrededor de la mitad de los materiales que se extraen de la corteza terrestre se convierten en materiales de construcción y, asimismo, cuando estos son desechados, constituyen hasta un 50% de todos los residuos generados (Hernández Zamora et al., 2021).

Sumado a esto, los materiales utilizados en la construcción convencional tienen un alto costo medioambiental dado que necesitan un elevado gasto energético para ser extraídos, transportados y modificados. Además, se necesitan sustancias químicas para mejorar sus aspectos técnicos, y esto, sin una adecuada consideración de

los efectos ambientales, puede causar problemas en la salud de las personas y de los ecosistemas. Por ello, es que debemos recalcar la importancia de los materiales alternativos. En esta categoría se excluyen los materiales considerados convencionales y que además involucran grandes impactos, como son: materiales bituminosos, pinturas, plásticos, metales, conglomerantes y conglomerados, cerámicos, vidrios y pétreos. A continuación, se puede observar una tabla en la que se listan distintos materiales de construcción con la cantidad de energía embebida respecto de su ciclo de vida, por metro cúbico de material. En esta se pueden observar que los materiales alternativos requieren una menor cantidad de recursos energéticos (Hernández Zamora et al., 2021).

Material	MJ/m ³
Paja	30,5
Arena	232
Adobe	490
Bloque de Tierra Prensado	810
Piedra Local	2030
Poliestireno Expandido	2340
Concreto	3890
Ladrillo Cerámico	5170
Teja Cerámica	5250
Madera Contrachapada	5720
Asfalto	7140
Cemento	15.210
Poliuretano	44.400
Polipropileno	57.600
PVC	93.620
Acero	274.570

Tabla 3. Cantidad de energía empleada en los ciclos de

vida de diversos materiales.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de Materiales constructivos como oportunidad de reducción de impactos ambientales en el sector construcción, 2021.

En este sentido, los materiales de construcción alternativos, como: los eco ladrillos, el bambú, la paja, el cáñamo, la madera y el adobe nos brindan equilibrio ante los efectos ambientales relacionados con la construcción tradicional, por ende, el impacto ambiental, las emisiones contaminantes y la tasa de generación de residuos nocivos o de gestión especial se ven disminuidas (Hernández Zamora et al., 2021).

1.4.9. Uso de la Domótica en la Arquitectura Sostenible

La domótica consiste en un sistema de integración de servicios proporcionados por sistemas multifuncionales, cuyo objetivo es asegurar al usuario una disminución de gastos a partir de un menor uso de energía, proporcionar comodidad gracias a una óptima gestión de los sistemas de la vivienda y finalmente, seguridad al tener toda la vivienda integrada en un solo lugar. Adicionalmente proporcionan simplicidad, facilidad de uso, modularidad e integridad (Mateus Cruz et al., 2018).

Este nuevo conjunto de tecnologías nos aporta diversas maneras para lograr construcciones sostenibles, y es por ello que deberíamos tenerlas presentes como alternativas para contribuir a la ola de sostenibilidad. Este sistema tiene muchos beneficios: primer punto, tenemos que permiten conseguir ahorros de energía porque tenemos la posibilidad de monitorear el consumo energético de sistemas como la iluminación, la climatización, el agua caliente y hasta los electrodomésticos. Además, fomen-

ta la accesibilidad y nos aporta seguridad, esto debido a que facilita el manejo de varios elementos de nuestro espacio, proporcionando un ahorro en los gastos totales y además convirtiéndonos en personas responsables con el medio ambiente (Arquitectura Sostenible, 2020).

1.4.10. Ciclo de Vida de las Edificaciones y la Construcción Resiliente

1.4.10.1. Ciclo de Vida de las Edificaciones

Para lograr una medición de la interacción de las edificaciones con el medio ambiente y obtener el equilibrio de cargas entre todas las etapas que constituyen al periodo de servicio de un edificio, debemos utilizar el análisis de ciclo de vida (ACV). Este sistema nos permite tener una visión general del rendimiento ambiental del objeto de estudio y además nos ayuda a respaldar la circularidad entre los diferentes sistemas. En el sector de la construcción ya ha sido ampliamente aplicado y se emplea para tomar decisiones sobre el entorno construido (Rivero Camacho, 2020).

La aplicación de las metodologías de las ACV en el sector constructivo todavía permanece como un tema complicado, y esto se debe al hecho de que los estándares existentes todavía no han establecido una metodología exacta, haciendo que los investigadores dispongan sus propias interpretaciones acerca de estos estándares. Es por ello que una gran cantidad de estudios se esfuerzan por estimar con exactitud el impacto ambiental proveniente de las edificaciones. Además, existen una gran

variedad de análisis sobre esta problemática, pero muy pocos abarcan el ciclo de vida del edificio (CVE) completo, puesto que una gran parte de estos posee solamente el análisis del consumo energético.

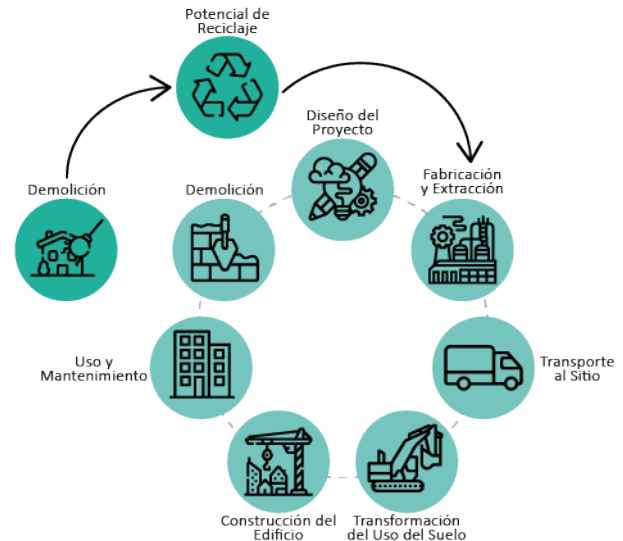


Figura 16. Esquema General del Ciclo de Vida del Edificio (CVE).

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de Rivero Camacho, 2020.

1.4.11. Construcción Resiliente


A nivel global, un 80% de las principales ciudades presentan vulnerabilidad ante una variedad de condiciones climáticas y desastres naturales y todas se enfrentan al cambio climático. Por ello, la finalidad principal de toda agenda de desarrollo sostenible debe garantizar que las ciudades estén protegidas frente a las pérdidas consecuencia de las crisis ambientales sean o no provocadas


por el ser humano. Adicionalmente, uno de los retos fundamentales dentro del paisaje urbano, es definir cómo se podrían desarrollar ciudades de mayor resiliencia ante un contexto mundial ampliamente complicado, en el que se presentan una variedad de fenómenos (Leyva Ricardo, Pancorbo Sandovál, Encarnación Fernandez, Erazo Rivera, & Lapeña Sanz, 2018).


El programa de perfiles de ciudades resilientes de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) plantea un concepto de resiliencia, en la que se considera: la suficiencia para adaptarse a las variaciones en caso de crisis, sin que se pierdan las funciones de una ciudad, además minimizando el impacto y teniendo la capacidad de volver a la normalidad en el mínimo tiempo posible. Esto nos da a entender que las ciudades requieren tener la capacidad de disminuir su vulnerabilidad (Leyva Ricardo et al., 2018).

Adicionalmente, la arquitectura resiliente es un nuevo método sostenible en el que existe equilibrio entre la infraestructura verde y gris de manera que las comunidades, la naturaleza y el patrimonio se vean integrados. Para lograr este tipo de arquitectura, se deben utilizar procesos naturales y vegetación local para mejorar y gestionar el agua, la tierra, la temperatura y la calidad del aire, con la finalidad de crear entornos urbanos saludables. Además, esta arquitectura toma en cuenta áreas naturales para proporcionar hábitat a las especies, provee protección contra inundaciones, nos brindan agua y aire limpios, así como recreación. Mientras tanto, a nivel local nos ofrece sistemas de gestión de aguas pluviales y drenaje que reproducen las características de la naturaleza (Lazovska, 2019).


1.5 Estado del Arte/Estado de la Cuestión


Referente	IQON
Arquitecto	Bjarke Ingels Group y Uribe & Schwarzkopf
Ubicación	Quito, Ecuador
Características Importantes	<p>Es un edificio residencial de uso mixto de 39.000 pies cuadrados que incluye 215 residencias, unidades comerciales, espacios de oficinas y una variedad de servicios. Fue construido como una comunidad vertical y una extensión del Parque La Carolina. Esta edificación presenta una notable esquina curva que va envuelta por las terrazas que continúan por el perímetro del edificio. La identidad arquitectónica se define por su fachada de hormigón visto que a su vez funciona como estructura. También posee “píxeles” individuales que se apilan en 32 pisos de altura que van rotando para aprovechar las vistas. Finalmente posee una plaza en planta baja que incluye generosos espacios públicos, locales comerciales y arte público, esta además funciona como una caminería que conecta el este y el oeste desde el parque hacia el resto del vecindario.</p>
Características Relacionadas a la Sostenibilidad	<p>Energía: Pintura/Tejas reflectantes para techos y paredes exteriores, dispositivos de protección exterior, vidrio revestido de baja emisividad, bomba de calor para generación de agua caliente, iluminación de bajo consumo, controles de iluminación para pasillos y escaleras y colectores solares de agua caliente.</p> <p>Agua: Cabezales de ducha y grifos de bajo flujo, inodoros de doble descarga, sistema de recolección de aguas de lluvia y sistema de tratamiento y reciclaje de aguas grises.</p> <p>Materiales: Uso controlado de hormigón para losas de piso, construcción de techos y paredes exteriores; placas de yeso sobre montantes metálicos y bloques huecos de hormigón de peso medio para paredes interiores.</p>
Fotografía del Referente	

Referente	Imperia Horizonte
Arquitecto	Imperia Constructora
Ubicación	Quito, Ecuador
Características Importantes	<p>En considerado el nuevo santuario de Quito para las familias modernas que buscan una ubicación estratégica dentro de la ciudad. Esta edificación cuenta con espacios de estilo de vida comunes como una casa club, zona de BBQ, fitness studio, pet spa, espacios verdes y más. El complejo ofrece una opción de lujo sostenible en apartamentos de 1, 2 y 3 habitaciones, así como suites tipo estudio. Es un proyecto sustentable, pet-friendly y que se adapta a las necesidades de cada persona que decide vivir e invertir en el proyecto. Además del ahorro de energía, agua y materiales, el proyecto cuenta con una extensa área verde compuesta por plantas nativas para reducir la demanda de agua, estacionamientos pra bicicletas, un sistema de manejo de residuos y estrategias de diseño bioclimático para brindar confort térmico.</p>
Características Relacionadas a la Sostenibilidad	<p>Energía: Aislamiento de techo, aislamiento de pared externa, vidrio eficiente y sistema de generación de agua caliente.</p> <p>Agua: Cabezales de ducha y grifos de bajo flujo para baños privados, inodoros de bajo flujo para baños privados, grifos de bajo flujo para fregadero de cocina, sistema de riego de jardines con uso eficiente de agua.</p> <p>Materiales: Piso inferior, intermedio y techo: Losa compuesta de concreto in situ sobre plataforma de acero corrugado sobre viga l. Acabado de piso: Madera laminada. Acabado de piso: Baldosas cerámicas. Paredes exteriores: paneles prefabricados. Paredes interiores: Pared con vigas metálicas y placas de yeso.</p>
Fotografía del Referente	

Referente	Edificio VOU
Arquitecto	Canales Desarrolladores S.A.S.
Ubicación	Bogotá, Colombia
Características Importantes	<p>Vou es un proyecto inmobiliario de apartaestudios que ofrece la gama más completa de experiencias, convirtiéndola en la casa club más elegante de Bogotá. Su ubicación es particular debido a que permite a los usuarios tener a tan solo unos minutos los centros empresariales y comerciales más importantes de la ciudad, asegurando un gran potencial de valorización.</p>
Características Relacionadas a la Sostenibilidad	<p>Energía: Dispositivos de sombreado externo, aislamiento de techo, aislamiento de paredes externas, caldera de alta eficiencia para agua caliente, bombillas de bajo consumo para interiores y exteriores y controles de iluminación para pasillos y escaleras.</p> <p>Agua: Cabezales de ducha de bajo flujo, grifos de bajo flujo para fregaderos de cocina, grifos de bajo flujo para lavabos y doble descarga para inodoros.</p> <p>Materiales: Losas de piso: losas delgadas compuestas con vigas en I de acero. Construcción de techo: losas delgadas compuestas con vigas en I de acero. Paredes externas: bloques de arcilla alveolares con yeso interno y externo y bloques de concreto huecos de peso mediano. Paredes internas: bloques de arcilla alveolares con yeso en ambos lados. Pisos: vinílicos.</p>
Fotografía del Referente	

Referente	Edificio Today
Arquitecto	Grupo Creativa Inmobiliaria
Ubicación	San Isidro, Perú
Características Importantes	<p>Today es un proyecto de vivienda de 10 pisos que posee una terraza en la azotea. Se encuentra ubicado en el distrito de San Isidro de Lima, Perú. Este proyecto fue desarrollado por Creativa, una empresa desarrolladora inmobiliaria local, con el apoyo de SUMAC en el proceso de certificación EDGE. Today es parte del compromiso de la compañía de apoyar el desarrollo sostenible mediante la implementación de tecnologías de ahorro de energía y agua, como dispositivos externos de protección solar, iluminación LED en áreas comunes y espacios al aire libre y accesorios de plomería que ahorran agua.</p>
Características Relacionadas a la Sostenibilidad	<p>Energía: Dispositivos de sombreado externo, aislamiento del techo, iluminación energéticamente eficiente para áreas externas.</p> <p>Agua: Cabezales de ducha y grifos de bajo flujo para baños privados, inodoros de bajo flujo para baños privados y grifos de bajo flujo para fregadero de cocina.</p> <p>Materiales: Construcción del piso inferior: losa de concreto. Construcción de piso intermedio: Losa convencional reforzada in situ. Construcción de techo: losa de hormigón. Muros exteriores: bloques de hormigón. Paredes exteriores: hormigón in situ. Muros interiores: bloques de hormigón celular esterilizados en autoclave.</p>
Fotografía del Referente	

Referente	You Harmonia
Arquitecto	Una Arquitectos
Ubicación	Vila Madalena, Brasil
Características Importantes	<p>You Harmonia consiste de un proyecto residencial, ubicado en el barrio oeste de Vila Madalena, en la ciudad de São Paulo. El proyecto cuenta con varias comodidades, entre las cuales se incluyen: coworking, gimnasio, espacio para guardar bicicletas, solárium, lavandería, salón de fiestas, sala de juegos y parque infantil.</p>
Características Relacionadas a la Sostenibilidad	<p>Energía: Dispositivos de sombreado externo, caldera de alta eficiencia para agua caliente y focos de bajo consumo para espacios internos.</p> <p>Agua: Cabezales de ducha de bajo flujo, grifos para fregaderos y lavabos de cocina, doble descarga para inodoros.</p> <p>Materiales: Placas de yeso sobre montantes metálicos para paredes interiores, paneles prefabricados de hormigón y muro armado in situ para paredes exteriores, losas de suelo, losa de hormigón armado in situ y construcción de cubiertas con losa de hormigón armado in situ.</p>
Fotografía del Referente	

Referente	ELEMENTS
Arquitecto	Desarrolladora y Constructora Metropolitana
Ubicación	Tlalnepantla, México
Características Importantes	<p>ELEMENTS, que está ubicada en Tlalnepantla en el Estado de México, proporcionará un “hábitat en equilibrio”. Inspirándose en los cuatro elementos de la naturaleza: fuego, agua, viento y tierra. ELEMENTS proporciona un espacio cómodo para que los residentes vivan respetando el entorno que los rodea. El edificio representa el fuego a través de su sistema de cogeneración que genera toda la demanda de electricidad y agua caliente. El segundo elemento, el agua, está representado por el sistema de captación y potabilización de agua de lluvia del edificio, y el tercero por las turbinas generadoras de viento. Por último, el uso de materiales locales y el aporte del edificio a la revitalización urbana de Tlalnepantla rinden homenaje al cuarto elemento, la tierra. El proyecto incluye dos edificios de 14 pisos con un total de 240 departamentos.</p>
Características Relacionadas a la Sostenibilidad	<p>Energía: Sistema de cogeneración, dispositivos de sombreado exterior, caldera de alta eficiencia para agua caliente sanitaria, iluminación de bajo consumo, controles de iluminación y contadores inteligentes.</p> <p>Agua: Cabezales de ducha y grifos de bajo flujo, inodoros de doble descarga y un sistema de recolección de agua de lluvia.</p> <p>Materiales: Losas reticulares de hormigón in situ para la construcción de suelos y techados, bloques huecos de hormigón de peso medio para paredes exteriores y tableros de fibra de cemento sobre vigas metálicas y placas de yeso sobre vigas metálicas para paredes interiores.</p>
Fotografía del Referente	

ETAPA 2
Aplicación Metodológica



Marco Conceptual

El trabajo de investigación se diseñará en base a un enfoque mixto que es aquel que combina la recopilación y análisis de datos cualitativos y cuantitativos para realizar deducciones a partir de la información recopilada (Hernández Sampieri et al., 2014) Y en este sentido la metodología se desarrollará en dos fases: en la primera fase se trabajará en la definición de alcances de sostenibilidad según el Plan de Acción Climático de Quito a 2030 y el software EDGE, mientras que en la segunda fase se realizará el análisis y comparación entre el caso base y el caso optimizado. Dichas dos fases se subdividen en diferentes etapas que contienen los pasos para llegar a cumplir el producto final de cada una de ellas.

1.6.1. Fase 1: Definición de Alcances de Sostenibilidad según el PACQ a 2030 y el software EDGE


En la primera fase, se utilizará la investigación exploratoria, que se lleva a cabo cuando se requiere investigar un tema escasamente estudiado y del cual existen dudas o no se ha abordado previamente (Hernández Sampieri et al., 2014). Dentro del desarrollo de esta fase existirán dos momentos: en el primero se recopilarán los datos generales acerca de la eficiencia energética, la eficiencia hídrica y la energía incorporada en los materiales. Para proceder a desarrollar este momento se van a realizar una serie de pasos: primero se determinarán los parámetros referenciales para la comparación del caso base y el caso optimizado según el manual EDGE, después se preparará el caso base para su respectivo análisis, se investigará un caso optimizado y finalmente, se aplicarán los parámetros seleccionados en ambos casos. Para el desarrollo de este primer momento se utilizarán herra-

mientas como el software EDGE, el manual EDGE, Adobe Illustrator y la bibliografía complementaria.

Durante el segundo momento de la primera fase se recopilarán los datos locales, que en este caso serán las propuestas de sostenibilidad para la ciudad de Quito y las condiciones geográficas de la misma. Para el correcto desarrollo de este momento se proponen una serie de pasos: primeramente, una investigación a profundidad del PACQ a 2030 con sus respectivas propuestas y después la determinación de las condiciones del lugar del proyecto, tales como: la geografía, altitud, latitud y características del piso climático. Finalmente se aplicarán los parámetros en el caso base y el caso optimizado. Para el desarrollo de este segundo momento se utilizarán herramientas como el PACQ a 2030, Google Earth, Adobe Illustrator y la bibliografía complementaria. El resultado final de esta primera fase será un listado de los alcances de sostenibilidad para el diseño de edificios en altura.

1.6.2. Análisis y Comparación de Casos

En la segunda fase se utilizará la investigación explicativa, que busca dar respuesta a las raíces de los fenómenos, y se extienden de la simple descripción o establecimiento de relaciones entre conceptos (Hernández Sampieri et al., 2014). Para el desarrollo de esta fase existirán tres momentos: el primero será el análisis del caso base, el segundo el análisis del caso optimizado, y el último, será la comparación de casos. Para el desarrollo del primer momento, en primer lugar, se realizará un análisis del consumo energético, después un análisis de eficiencia hídrica, y finalmente, un análisis de la energía incorporada en los materiales del caso base. Dentro de



este análisis se utilizarán herramientas como el software EDGE, el manual EDGE y los alcances de sostenibilidad establecidos en la Fase 1.

A continuación, en el segundo momento se realizará un análisis del caso optimizado, que consiste de los mismos pasos que el primer momento. Se realizará un análisis del consumo energético, un análisis de la eficiencia hídrica y finalmente un análisis de la energía incorporada en los materiales del caso optimizado. Para este momento se utilizarán nuevamente el software EDGE, el manual EDGE y los alcances de sostenibilidad anteriormente establecidos.

Finalmente, en el tercer momento es cuando se realizará la comparación de ambos casos. En este sentido se realizará la comparación del consumo energético, la eficiencia hídrica y la energía incorporada en los materiales de ambos casos y de esta manera obtendremos los resultados de la comparación. Para este momento de igual manera se utilizarán herramientas como el software EDGE, el manual EDGE, Microsoft Excel y los criterios de sostenibilidad. Esta segunda fase nos da como resultado los gráficos comparativos en cuanto a los resultados del consumo energético, la eficiencia hídrica y la energía incorporada en los materiales de ambos casos estudiados.

1.6.3. Cuadro Conceptual para el Desarrollo de la Metodología

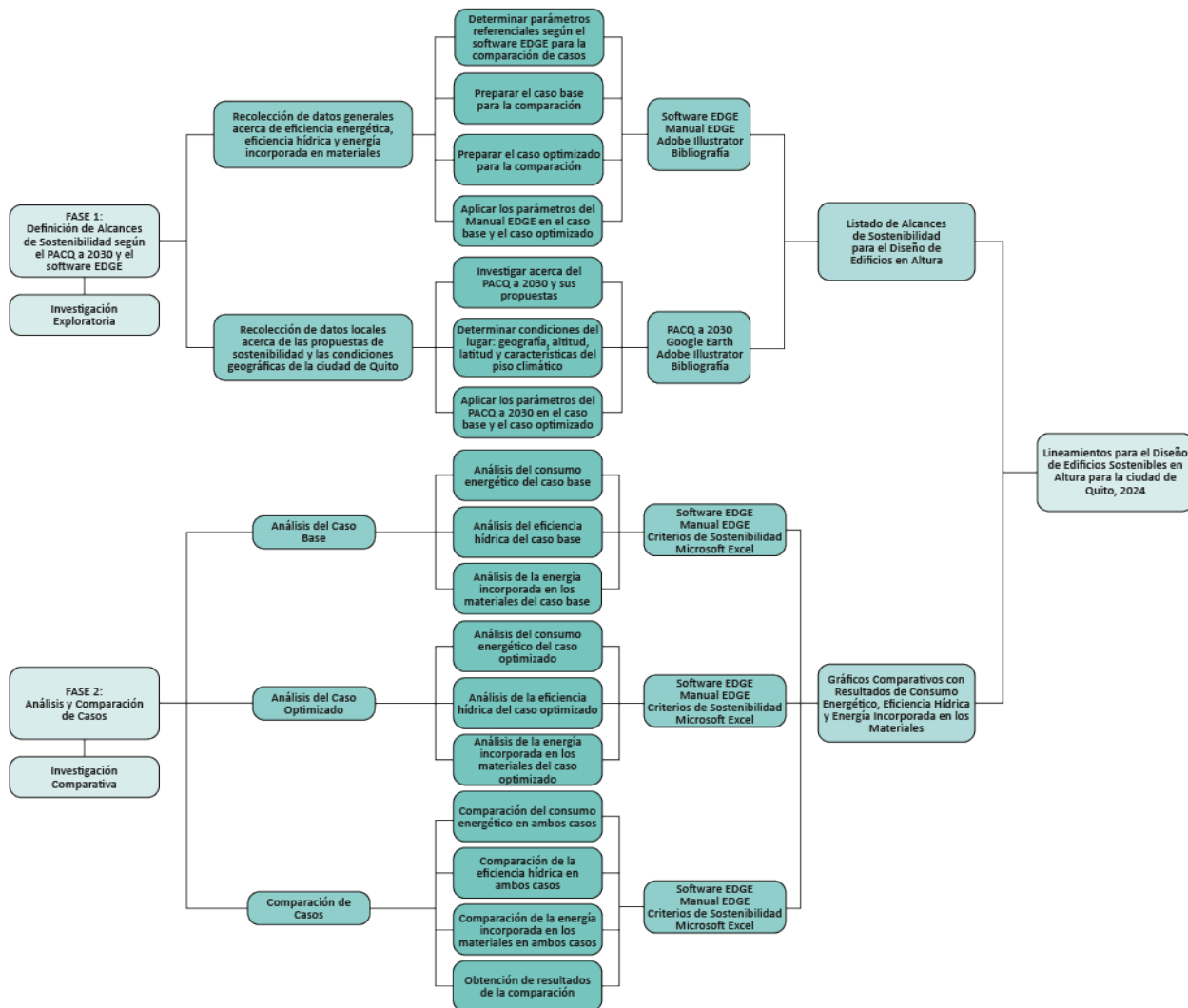


Figura 17. Mapa Conceptual para el Desarrollo de la Metodología.
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Materiales y Métodos

2.1 Definición de Alcances de Sostenibilidad según el PACQ a 2030 y el Software EDGE

En esta fase se realiza un estudio del software EDGE y del Plan de Acción Climático de Quito a 2030 para determinar los posibles parámetros a tomarse en cuenta para la construcción de edificios en altura en Quito. Adicionalmente se plantearán tanto el caso base como el caso optimizado para su posterior análisis y comparación.

2.1.1. Determinar parámetros referenciales según el software EDGE para la comparación de casos

Para poder determinar los parámetros referenciales según el Manual EDGE, se hizo una investigación y clasificación de las medidas de eficiencia energética, eficiencia hídrica y energía incorporada en los materiales. El manual nos brinda una descripción textual de cada una de las medidas y las particularidades que poseen para poder ingresarlas al software EDGE de manera correcta.

En este sentido, se realizará una tabla que estará compuesta por una columna donde se indicará el nombre de la medida según está referenciada en el manual, a continuación, se colocará una breve descripción de la medida de acuerdo a lo que se describe en el manual, y finalmente, se brindará una breve explicación de la razón por la que la medida si aplica para ser utilizada como un parámetro referencial para la comparación del caso base y el caso optimizado.

Medidas Seleccionadas de Eficiencia Energética

Medida	Descripción	Selección y Sustento
MEE01: Relación Ventana-Pared	Es importante equilibrar la iluminación y la ventilación de los vidrios, además de la ganancia de calor. Se debe encontrar un equilibrio adecuado entre la superficie transparente del vidrio y la superficie opaca de las fachadas para aprovechar al máximo la luz natural y reducir la transferencia de calor no deseada que es aquella que genera un consumo de energía.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura es necesario que haya una ganancia de calor suficiente, que no sea excesiva por la gran cantidad de personas que este alberga y además por el uso constante de iluminación artificial que puede causar en ciertas ocasiones un ambiente más cálido.
MEE02: Techo Reflectante	Elegir un acabado de techo con mayor reflectancia nos puede ayudar a reducir la carga de refrigeración en espacios que posean aire acondicionado y mejorar el confort térmico en los lugares que no lo posean. Reduce la temperatura de la superficie, mejora la vida útil del acabado y reduce el efecto de isla de calor urbana.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura es necesario aprovechar la luz solar para generar confort térmico en los espacios y que además no se vean sobrecargados los espacios que posean aire acondicionado.
MEE03: Paredes Exteriores Reflectantes	Elegir un acabado de paredes con mayor reflectancia nos puede ayudar a reducir la carga de refrigeración en espacios que posean aire acondicionado y mejorar el confort térmico en los lugares que no lo posean. Reduce la temperatura de la superficie, mejora la vida útil del acabado y reduce el efecto de isla de calor urbana.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura es necesario aprovechar la luz solar para generar confort térmico en los espacios y que además no se vean sobrecargados los espacios que posean aire acondicionado.
MEE04: Dispositivos de Control Solar Externos	Los dispositivos de control solar externos son colocados en la fachada de la edificación para proteger los vidrios contra la radiación solar directa con la finalidad de moderar el resplandor y además para reducir la ganancia de calor en climas en los que predomina la necesidad de aire acondicionado.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura todos los pisos poseen ventanas de gran tamaño, e incluso en algunos casos, ventanales que van de piso a techo, por ende esta medida puede ayudar a evitar la radiación solar directa y la ganancia de calor en los distintos espacios.
MEE05: Aislamiento del Techo	El aislamiento es utilizado para evitar la transmisión de calor del exterior al espacio interior y viceversa. Además contribuye a reducir la transmisión de calor por conducción, de esta manera, un mayor aislamiento significa un mejor rendimiento y una reducción en la demanda de energía para climatización.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura existen espacios, como los que se encuentran en los pisos superiores, que reciben la mayor cantidad de calor debido a la exposición al sol y porque de igual manera reciben mayor viento en el caso de las temporadas invernales. Esto mantiene la temperatura interior más estable y confortable.

Tabla 4. Descripción y Selección de Medidas - MEE01 a MEE05.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Medida	Descripción	Selección y Sustento
MEE06: Aislamiento de Losa de Piso y de Piso Elevado	El aislamiento para entresijos es utilizado para evitar la transmisión de calor del exterior al espacio interior y viceversa. Además contribuye a reducir la transmisión de calor por conducción, de esta manera, un mayor aislamiento significa un mejor rendimiento y una reducción en la demanda de energía para climatización.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura existen espacios, como los que se encuentran en los pisos superiores, que reciben la mayor cantidad de calor debido a la exposición al sol y porque de igual manera reciben mayor viento en el caso de las temporadas invernales. Esto mantiene la temperatura interior más estable y confortable.
MEE08: Aislamiento Térmico de Paredes Exteriores	El aislamiento para paredes externas es utilizado para evitar la transmisión de calor del exterior al espacio interior y viceversa. Además contribuye a reducir la transmisión de calor por conducción, de esta manera, un mayor aislamiento significa un mejor rendimiento y una reducción en la demanda de energía para climatización.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura existen espacios, como los que se encuentran en los pisos superiores, que reciben la mayor cantidad de calor debido a la exposición al sol y porque de igual manera reciben mayor viento en el caso de las temporadas invernales. Esto mantiene la temperatura interior más estable y confortable.
MEE09: Eficiencia del Vidrio	Al aplicar un revestimiento de baja emisividad en los elementos vidriosos, permitimos una reducción de la transferencia de calor al reflejar la energía térmica. Estos revestimientos están compuestos por capas de óxido metálico extremadamente finos que se colocan en la superficie del vidrio para mantener el calor en el lado en el que se origina.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura todos los pisos poseen ventanas de gran tamaño, e incluso en algunos casos, ventanales que van de piso a techo, por ende esta medida puede ayudar a evitar ganancias de calor en los climas cálidos y pérdida del calor interno en los climas fríos.
MEE11: Ventilación Natural	Las estrategias de ventilación natural que sean correctamente diseñadas permiten mejorar el confort de los usuarios, brindándoles acceso a un aire fresco y reduciendo la temperatura de los espacios. Gracias a esto podemos lograr una reducción a la carga de refrigeración, por ende se reducen los costos de uso y de mantenimiento.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura es necesario que los espacios tales como: pasillos, áreas comunes, vestíbulos y demás posean una temperatura estable cuando el clima lo permita. Además reducen la necesidad de aire acondicionado o sistemas de ventilación artificial.
MEE13: Eficiencia del Sistema de Refrigeración	En muchos casos el sistema de refrigeración no forma parte de la concepción inicial del edificio, por ende, los usuarios se ven obligados a solucionar la falta de refrigeración e instalan sistemas de aire acondicionado ineficientes. Al diseñar la instalación de un sistema de refrigeración desde un inicio, se reduce a largo plazo la energía requerida para el suministro.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura existen varios espacios como los comercios o las oficinas que requieren de refrigeración debido al uso de computadoras, el flujo de personas o el constante uso de luz artificial. Estos sistemas ayudan a mantener una temperatura agradable en estos espacios, pero deben ser eficientes.

Tabla 5. Descripción y Selección de Medidas - MEE06 a MEE13.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Medida	Descripción	Selección y Sustento
MEE21: Ventilación Controlada por Demanda mediante Sensores de CO ₂	Al instalar sensores de CO ₂ en áreas principales y cubriendo al menos un 50% de la edificación, la ventilación mecánica puede apagarse cuando no se esté en uso, reduciendo el consumo de energía eléctrica. Esto nos brinda aire de mayor calidad, confort, reducción de los GEI y extensión de la vida útil de los equipos de ventilación mecánica.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura existen espacios que requieren el uso de un sistema de ventilación mecánica, esto ayudaría a reducir el consumo de energía eléctrica en la edificación y a generar una mejor calidad de aire.
MEE22: Iluminación Eficiente para Áreas Internas	Los focos de bajo consumo tienen la capacidad de generar más luz con menor energía en comparación a los focos tradicionales, y reducen el consumo energético del edificio. Debido a la reducción del calor residual que generan estos focos, se disminuye también la ganancia de calor dentro de los espacios y por ende la necesidad de refrigeración.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura es fundamental el uso de iluminación artificial en los espacios que carecen de ventanas y obviamente en horarios de la tarde y noche. Por lo tanto, el uso de focos más eficientes, permitiría que las horas de uso de iluminación artificial consuman menos energía eléctrica.
MEE23: Iluminación Eficiente para Áreas Externas	Los focos de bajo consumo tienen la capacidad de generar más luz con menor energía en comparación a los focos tradicionales, y reducen el consumo energético del edificio. Adicionalmente, se prolonga la vida útil de las lámparas, reduciendo su costo de mantenimiento y se reducen los GEI.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura es fundamental el uso de iluminación artificial en los espacios públicos exteriores y obviamente en horarios de la tarde y noche. Por lo tanto, el uso de focos más eficientes, permitiría que las horas de uso de iluminación artificial consuman menos energía eléctrica.
MEE24: Controles de Iluminación	Al instalar controles de iluminación en ciertos espacios, se reduce el uso de energía eléctrica. Esto puede lograrse mediante el uso de sensores de ocupación, que evitan que las luces se mantengan encendidas cuando el espacio está desocupado. También se pueden usar sensores fotoeléctricos que detectan cuando hay suficiente iluminación natural.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura generalmente existen espacios que no siempre están ocupados, como: pasillos, áreas comunes, escaleras, áreas exteriores, baños, etc. Esto permite que mientras no haya personas, las luces se mantengan apagadas y se genere un ahorro de energía eléctrica.
MEE26: Ventilación Controlada por Demanda para Estacionamiento mediante Sensores de Monóxido de Carbono	Al instalar sensores de CO ₂ en áreas principales y cubriendo al menos un 50% de la edificación, la ventilación mecánica puede apagarse cuando no se esté en uso, reduciendo el consumo de energía eléctrica. Esto nos brinda aire de mayor calidad, confort, reducción de los GEI y extensión de la vida útil de los equipos de ventilación mecánica.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura los espacios de estacionamiento son bastante extensos y requieren el uso de un sistema de ventilación mecánica, esto ayudaría a reducir el consumo de energía eléctrica en la edificación y a generar una mejor calidad de aire.

Tabla 6. Descripción y Selección de Medidas - MEE21 a MEE26.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Medida	Descripción	Selección y Sustento
MEE28: Sistema de Refrigeración Eficiente para Almacenamiento en Frío	Se debe minimizar la energía que consumen los equipos de refrigeración instalados en lugares como supermercados y tiendas de víveres pequeñas, de modo que se reduzcan los costos de operación y aumentar la reputación del comerciante. Existen clasificaciones para estos equipos, que los convierten en la mejor selección para ahorrar energía.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura generalmente se tienen áreas de comercio como mini mercados o tiendas de víveres pequeñas que requieren este tipo de equipos. Por ende se les da la alternativa de ocupar equipos de les favorezcan en cuanto a consumo energético y costos operativos.
MEE31: Medidores Inteligentes de Energía	El objetivo con estos equipos es reducir la demanda de energía por medio de concientización sobre el consumo energético. Con la ayuda de estos medidores, los usuarios pueden apreciar el consumo energético responsable del edificio, comprenderlo y contribuir a él. Estos también pueden mostrar mediciones y recomendaciones.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura el consumo energético es bastante alto. Esto puede permitir que los administradores tomen medidas correctivas para guiar la edificación a un consumo responsable y que se reduzca el costo de la energía eléctrica.
MEE33: Energía Renovable en el Emplazamiento	Esta medida se centra en reducir el uso de electricidad a partir de combustibles fósiles, ya que este proceso genera grandes cantidades de emisiones. Además el uso de energías renovables cuenta como una medida de eficiencia energética.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura el uso de paneles fotovoltaicos puede ser una opción viable para la generación de energía eléctrica, ya que estos aprovechan la luz solar para convertirla en electricidad. Existen otros sistemas como la energía eólica que requiere de turbinas o la biomasa que utiliza residuos, pero son sistemas poco comunes.

Tabla 7. Descripción y Selección de Medidas - MEE28 a MEE33.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Medidas Seleccionadas de Eficiencia Hídrica

Medida	Descripción	Selección y Sustento
MECA01: Cabezales de Ducha con Uso Eficiente del Agua	Las duchas de bajo flujo logran reducir el consumo de agua sin afectar negativamente la funcionalidad. La reducción del flujo de la ducha trae consigo una disminución de la energía necesaria para producir agua caliente, por lo tanto se reduce el consumo de agua y la cantidad de energía necesaria para calentarla y bombearla.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura que posee residencias o habitaciones de hotel se consume mucha agua por cada baño que esté en uso. Ventajosamente esta medida también aporta a un ahorro de energía eléctrica, por ende se genera un ahorro importante.
MECA02: Grifos con Uso Eficiente del Agua para Baños Privados/Todos los Baños	Los aireadores y grifos de cierre automático para lavabos y fregaderos logran reducir el consumo de agua sin afectar negativamente la funcionalidad, ya que reducen el flujo de agua limitando su caudal. En este sentido mientras el flujo sea menor se generará un mayor ahorro de agua.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura se proyecta tener una considerable cantidad de lavamanos en espacios privados como oficinas, departamentos, etc. Esto ayuda a generar una gran cantidad de ahorro de agua, ya que se limita el caudal y además se regulan los flujos de manera que no se desperdicie agua.
MECA03: Grifos con Uso Eficiente del Agua para Baños Públicos	Los aireadores y grifos de cierre automático para lavabos y fregaderos logran reducir el consumo de agua sin afectar negativamente la funcionalidad, ya que reducen el flujo de agua limitando su caudal. En este sentido mientras el flujo sea menor se generará un mayor ahorro de agua.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura se proyecta tener una considerable cantidad de lavamanos en espacios públicos como áreas comunes, vestíbulos, etc. Esto ayuda a generar una gran cantidad de ahorro de agua, ya que se limita el caudal y además se regulan los flujos de manera que no se desperdicie agua.
MECA04: Retretes con Uso Eficiente del Agua para Baños Privados/Todos los Baños	La instalación de retretes de doble descarga nos permite reducir el uso de una gran cantidad de agua ya que ofrece la posibilidad de usar una determinada cantidad del recurso por descarga. De igual manera los retretes de descarga simple con uso de agua eficiente o con una válvula de descarga nos generan un gran ahorro.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura se proyecta tener una considerable cantidad de retretes en espacios privados como oficinas, departamentos, etc. Esto ayuda a generar una gran cantidad de ahorro de agua, ya que se utiliza una determinada cantidad de agua por descarga.
MECA05: Retretes con Uso Eficiente del Agua para Baños Públicos	La instalación de retretes de doble descarga nos permite reducir el uso de una gran cantidad de agua ya que ofrece la posibilidad de usar una determinada cantidad del recurso por descarga. De igual manera los retretes de descarga simple con uso de agua eficiente o con una válvula de descarga nos generan un gran ahorro.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura se proyecta tener una considerable cantidad de retretes en espacios públicos como áreas comunes, vestíbulos, etc. Esto ayuda a generar una gran cantidad de ahorro de agua, ya que se utiliza una determinada cantidad de agua por descarga.

Tabla 8. Descripción y Selección de Medidas - MECA01 a MECA05.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Medida	Descripción	Selección y Sustento
MECA07: Urinaros con Uso Eficiente de Agua	La instalación de urinarios de bajo flujo reduce la cantidad de agua utilizada en las descargas, esto hace posible que el agua se consuma de manera eficiente y además genera un alto nivel de satisfacción del usuario con respecto al rendimiento de la descarga. También existen opciones de urinarios que permiten una descarga automática cuando se desocupa.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura se proyecta tener una considerable cantidad de urinarios en espacios públicos como áreas comunes, vestíbulos, etc. Esto ayuda a generar una gran cantidad de ahorro de agua ya que se regula la cantidad de agua por descarga.
MECA08: Grifos de Cocina con Uso Eficiente del Agua	Los grifos de cocina de bajo flujo reducen la cantidad de agua utilizada sin afectar negativamente la funcionalidad del mismo. Estos elementos también son capaces de reducir el consumo de agua caliente y por ende reducir el consumo de energía destinada a calentar el recurso.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura en el cuál se proyecten residencias u hoteles es de suma importancia incorporar grifos ahorradores para las cocinas, de esta manera se utiliza menos agua en las actividades culinarias, y además se genera un ahorro de energía eléctrica al momento de utilizar el agua caliente.
MECA14: Sistema de Recolección de Agua de Lluvia	Los sistemas de recolección de aguas lluvias nos permiten reducir el consumo de agua del suministro público. Para cumplir esta premisa es necesario que el agua recolectada se utilice en el predio del proyecto y se debe demostrar que reemplaza el uso del suministro público.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura se trabaja con un predio de tamaño considerable, mismo que puede contribuir para recolectar el recurso hídrico, reducir el consumo de agua potable para ciertas actividades y para disminuir la carga en los sistemas de drenaje pluvial.
MECA15: Sistema de Tratamiento y Reciclado de Aguas Residuales	Al igual que con los sistemas de recolección de aguas lluvias, los sistemas de tramiento y reciclado de aguas residuales nos permiten reducir el consumo de agua del suministro público. Adicionalmente se reduce la carga en la infraestructura local de abastecimiento de agua y alcantarillado.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura se generan grandes cantidades de aguas grises que provienen de los artefactos de agua potable, de estos se generan tanto desechos líquidos como sólidos, mismos que podrían ser tratados para que cumplan con los requisitos de saneamiento locales e internacionales.
MECA17: Medidores de Agua Inteligentes	El objetivo con estos equipos es reducir la demanda por medio de concientización sobre el consumo de agua. Y gracias a estos equipos podemos medir el consumo, analizar las mediciones y reducir costos. Los usuarios pueden comprender el consumo de agua responsable y contribuir al proceso mediante las recomendaciones que el equipo arroja.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura se consumen grandes cantidades de agua, independientemente de su uso. Gracias a estos equipos los usuarios pueden hacer conciencia acerca del uso responsable de este recurso y aprender a administrarlo de manera eficiente.

Tabla 9. Descripción y Selección de Medidas - MECA07 a MECA17.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Medidas Seleccionadas de Eficiencia en la Energía Incorporada en los Materiales

Medida	Descripción	Selección y Sustento
MEM01: Construcción del Piso Inferior	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de pisos que poseen una menor proporción de energía incorporada que una losa común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura se necesita adquirir grandes cantidades de material para la instalación de pisos, esto nos obliga a ser conscientes acerca de los materiales que utilizamos y como su uso impacta a nuestra salud y al medio ambiente.
MEM02: Construcción del Entrepiso	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de pisos que poseen una menor proporción de energía incorporada que una losa común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura se necesita adquirir grandes cantidades de material para la instalación de pisos, esto nos obliga a ser conscientes acerca de los materiales que utilizamos y como su uso impacta a nuestra salud y al medio ambiente.
MEM03: Acabado de Piso	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de pisos que poseen una menor proporción de energía incorporada que un piso común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura se necesita adquirir grandes cantidades de material para la instalación de pisos, esto nos obliga a ser conscientes acerca de los materiales que utilizamos y como su uso impacta a nuestra salud y al medio ambiente.
MEM04: Construcción del Techo	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de techo que poseen una menor proporción de energía incorporada que una losa de techo común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura se necesita adquirir grandes cantidades de material para la construcción de techos, esto nos obliga a ser conscientes acerca de los materiales que utilizamos y como su uso impacta a nuestra salud y al medio ambiente.
MEM05: Paredes Exteriores	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de paredes exteriores que poseen una menor proporción de energía incorporada que una pared exterior común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura se necesita adquirir grandes cantidades de material para la paredes exteriores, esto nos obliga a ser conscientes acerca de los materiales que utilizamos y como su uso impacta a nuestra salud y al medio ambiente.

Tabla 10. Descripción y Selección de Medidas - MEM01 a MEM05.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Medida	Descripción	Selección y Sustento
MEM06: Paredes Interiores	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de paredes interiores que poseen una menor proporción de energía incorporada que una pared interior común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura se necesita adquirir grandes cantidades de material para la paredes interiores, esto nos obliga a ser conscientes acerca de los materiales que utilizamos y como su uso impacta a nuestra salud y al medio ambiente.
MEM07: Marcos de Ventana	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de marcos de ventana que poseen una menor proporción de energía incorporada que un marco común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura se necesita adquirir grandes cantidades de material para instalar los marcos de ventanas, esto nos obliga a ser conscientes acerca de los materiales que utilizamos y como su uso impacta a nuestra salud y al medio ambiente.
MEM08: Vidrios de las Ventanas	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de vidrios de ventana que poseen una energía incorporada relativamente menor. Se evalúa la energía incorporada mediante el cálculo de la superficie de las ventanas en la relación ventana-pared.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura se necesita la instalación de ventanas grandes en la mayor parte de la edificación. Escoger los materiales más adecuados nos obliga a ser conscientes acerca de lo que utilizamos y como su uso impacta a nuestra salud y al medio ambiente.
MEM10: Aislamiento de las Paredes	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de vidrios de ventana que poseen una energía incorporada relativamente menor.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura el aislamiento de paredes es una opción sostenible para la conservación de una temperatura estable en varios espacios. Escoger los materiales más adecuados nos obliga a ser conscientes acerca de lo que utilizamos y como su uso impacta a nuestra salud y al medio ambiente.
MEM11: Aislamiento del Piso	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de aislamiento de piso que poseen una menor proporción de energía incorporada. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura el aislamiento de pisos es una opción sostenible para la conservación de una temperatura estable en varios espacios. Escoger los materiales más adecuados nos obliga a ser conscientes acerca de lo que utilizamos y como su uso impacta a nuestra salud y al medio ambiente.

Tabla 11. Descripción y Selección de Medidas - MEM06 a MEM11.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

2.1.2. Preparar el caso base para la comparación

Con los datos presentados en la siguiente lámina se comprende que el caso base consiste de un edificio de uso mixto en altura, mismo que posee paredes de hormigón, losas de entepiso y techo sin aislamiento térmico. Adicionalmente, al realizar un análisis de los materiales utilizados en los acabados, estos tampoco poseen un aislamiento térmico en paredes y pisos, por ende, no mantienen un confort térmico estable en el interior.

Adicionalmente en el edificio se utilizaron vidrios templados, los cuales no son reflectantes o de doble acristalamiento, que son aquellos que controlan la cantidad de calor que ingresa a la edificación mediante la reflexión de la energía solar. Una característica particular que está presente en el diseño inicial de la edificación, es el uso de dispositivos de protección solar, que son aquellos que previenen que el calor de la radiación solar altere la temperatura estable que poseen los espacios internos de la edificación, brindando sombra durante las épocas de calor intenso en la ciudad.

En cuanto a sistemas de climatización, especialmente los de refrigeración, tampoco están concebidos en el diseño inicial, aunque su uso si debería haber estado previsto, en vista de que existen espacios compartidos en la edificación, tales como pasillos, áreas comunes o áreas comerciales. Aunque las condiciones climáticas en la ciudad de Quito sean relativamente estables y no existan épocas de calor o frío extremas, este tipo de sistemas deben preverse para estos tipos de edificación.

EDIFICIO CROIX - CASO BASE PARA LA INVESTIGACIÓN

INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO:

Ubicación del Proyecto: Av. 10 de Agosto y Jerónimo Carrión

Tipo de Proyecto: Edificio en Altura de Uso Mixto

Principales Materiales Implementados: Hormigón Armado, Bloque de Hormigón, Vidrio Templado, Perfiles de Aluminio, Perfilería de Aluminio, Luces LED

Área Bruta: 7.545,30 m²

Área Construida Total del Proyecto: 36.613,05 m²

Cantidad de Pisos:

Torre 1 - Residencia Permanente (15)

Torre 2 - Hotel (17)

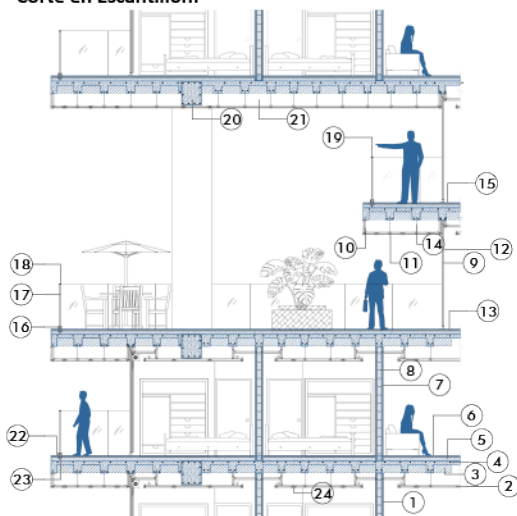
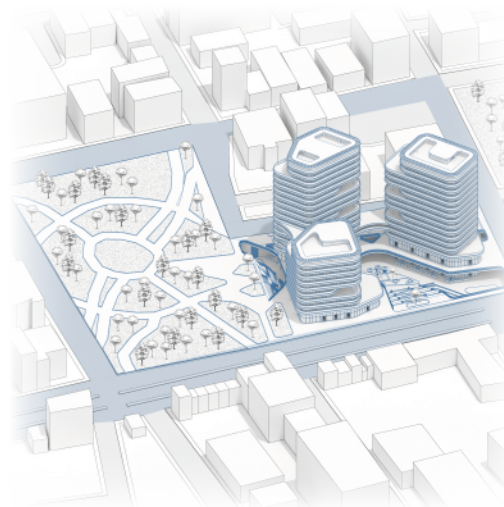
Torre 3 - Residencia Estudiantil (10)

Clasificación del Suelo: Suelo Urbano (SU)

COS PB: 70%

COS Total: 700%

Corte en Escantillón:



Numeración de Materiales y Elementos del Corte en Escantillón:

1. Revoque Grueso 2. Cielorraso Aplicado 3. Bloque de Poliestireno 4. Losa de Hormigón Armado Casetonada o Nervurada 5. Contrapiso 6. Carpeta Niveladora 7. Aislamiento Acústico 8. Bloque de Hormigón 9. Vidrio Templado 10. Perfil de Aluminio 11. Alambre Galvanizado (Vela Rígida) 12. Pivot 13. Adhesivo Cementicio 14. Anclaje Universal 15. Solado (Cerámico 40x40 cm) 16. Junquillo de Vinil 17. Vidrio Transparente de 6mm 18. Tapa Lisa - Pasamanos 19. Perfilería de Aluminio 20. Viga de Hormigón Armado 21. Nervio 22. Sifón Simple Canaleta Recolectora de Aguas Lluvias 23. Conexión Articulada 24. Luces LED

Espacio	Cantidad	Área (m ²)	Área Total
Subsuelo	3	7151,71	21455,13
Comercio	6	574,80	3448,82
Emprendimiento	2	574,80	1149,60
Oficinas	3	580	1740,02
Co-Working	3	580	1740,02
Servicios Hoteleros	1	500,29	500,29
Residencia Estudiantil (Tipología 1)	12	45,02	540,24
Residencia Estudiantil (Tipología 2)	29	22,38	649,02
Vivienda (Tipología 1)	18	35,37	636,66
Vivienda (Tipología 2)	11	56,33	619,63
Vivienda (Tipología 3)	18	94,39	1699,02
Hotel (Tipología 1)	16	32,96	527,36
Hotel (Tipología 2)	24	32,96	791,04
Área Comunal	2	558,10	1116,20
Área Total			36.613,05 m²

Figura 18. Lámina Descriptiva del Caso Base.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

2.1.3. Preparar el caso optimizado para la comparación

El caso optimizado utilizado para esta investigación será el edificio en altura trabajado durante octavo semestre, al igual que el caso base. Sin embargo, en este se aplicarán algunos de los parámetros de sostenibilidad que nos brinda el software EDGE. Como referencia, se tomará el proyecto IQON ubicado en el centro financiero de la ciudad de Quito, que posee una certificación EDGE preliminar. De esta manera podremos observar la gran diferencia que hace el simple hecho de trabajar con los elementos propuestos en el manual.

Energía

- **MEE01: Relación Ventana-Pared**

El Manual EDGE busca encontrar un equilibrio entre lo que es superficie opaca y superficie transparente en las fachadas exteriores, de esta manera se puede aprovechar completamente la iluminación natural y se reduce la transferencia de calor que no es necesaria en los espacios interiores, de manera que se genere un menor consumo energético. En este sentido, el objetivo final del diseño de la edificación debe ser garantizar los niveles de luz mínimos sin causar grandes ganancias calóricas en los climas cálidos y lograr sacar provecho de la calefacción pasiva durante las épocas de climas fríos (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

Para conocer la relación ventana-pared es necesario utilizar una fórmula que nos proporciona el Manual EDGE, esta es definida como la proporción de la superficie total que poseen las ventanas y demás superficies transparentes dividida por la superficie bruta que suman las paredes exteriores (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

$$WWR (\%) = \frac{\text{Superficie Vidriada (m}^2\text{)}}{\text{Superficie Bruta de Pared Exterior (m}^2\text{)}}$$

Figura 19. Fórmula de Cálculo de la MEE01.

Fuente: Elaboración propia, basado en la fórmula del Manual EDGE 3.0,2021.

En cuanto al caso optimizado, la relación ventana-pared no se toma en cuenta del todo, debido a que las fachadas de las 3 torres están compuestas completamente de vidrio y únicamente las losas de cada piso son los elementos opacos de las fachadas. Por esta razón, se toma en cuenta que un 100% de fachadas son superficies vidriadas.

- **MEE02: Techo Reflectante**

En este sentido el Manual EDGE analiza el Índice de Reflectancia Solar (SRI) del acabado que se utilice en el techo de la edificación. Para ello el análisis se compone de dos factores fundamentales:

Reflectividad Solar Total: Nos indica si el material es o no capaz de reflejar la radiación solar incidente.

Emitancia Térmica: Es la propiedad que posee un material de aumentar su temperatura al exponerse al calor que emite la luz solar.

Para esto el software EDGE mide el SRI dentro de un rango de 10 a 135; donde los valores más altos son representados por los materiales que poseen un color más claro, mientras que los más bajos son aquellos que poseen un color más oscuro. Adicionalmente estos materiales son los que generarán una mayor absorción de radiación y por ende un aumento de la temperatura en los interiores (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

Para este caso, se propone una membrana asfáltica im-

permeable IMPERPOL 3000 en color verde. La elección se debe a que, a pesar de ser un material oscuro, tendrá una absorción térmica menor a la membrana en color negro, posee un SRI más bajo y finalmente será mucho más cómodo caminar sobre esta cubierta. Adicionalmente es un material impermeable, resistente a la degradación por radiación solar y resistente a la tracción y punzonamiento (IMPTEK, 2022).



Figura 20. Techo Reflectante del Caso Optimizado.
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

- **MEE04: Dispositivos de Control Solar Externos**

Para que esta medida se cumpla, el Manual EDGE propone que las fachadas más desfavorables sean las que lleven los dispositivos de control solar. De igual manera se afirma que cuando existen grandes superficies vidriadas, como es el caso en el edificio base, puede llegar a darse una ganancia de calor considerable debido a la incidencia de radiación solar directa (Guía del Usuario de EDGE, 2021). Así que en este caso la efectividad de los dispositivos de control solar se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$AASF = 1 - \frac{\text{Ganancia de Calor Solar Anual Total de una Ventana con Control Solar (kWh)}}{\text{Ganancia de Calor Solar Anual Total de una Ventana sin Control Solar (kWh)}}$$

Figura 21. Fórmula de Cálculo de la Medida MEE04.

Fuente: Elaboración propia, basado en la fórmula del Manual EDGE 3.0, 2021.

En este caso, se pretende integrar los dispositivos de control solar externos en la totalidad de las fachadas del edificio debido a que el caso base ya los tenía integrados desde un inicio. En concordancia, la estructura inicialmente concebida se componía de estos elementos horizontales que rodean a los edificios.

Dichos elementos horizontales son parte de la estructura del edificio, diseñados a base de hormigón armado, funcionan como aleros en las fachadas y además de funcionar como dispositivos de control solar, forman parte de las losas de cada piso. Estos aleros tienen una distancia entre cada uno de 2,40 metros, el espacio entre el alero y los ventanales de cada piso es de 2 metros y su ancho es de 0,70 metros.

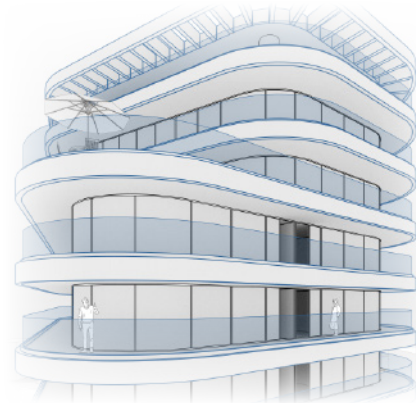


Figura 22. Vista Axonométrica de los Dispositivos de Control Solar.

Fuente: Elaborado por Jhon Enríquez y Karol Montoya, 2023.

- **MEE05, MEE06 Y MEE08: Aislamiento de Techo, Aislamiento de Losa de Piso y Piso Elevado y Aislamiento Térmico de Paredes Exteriores**

Los elementos aislantes son utilizados para evitar que el calor del entorno exterior se transmita a los interiores en la presencia de climas cálidos, y viceversa durante los climas fríos. Además, cuando una edificación posee un aislamiento eficiente, este debe cumplir menos requisitos energéticos en cuanto a la refrigeración o calefacción (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

Para el aislamiento de techo, de la losa de piso y pisos elevados, así como de las paredes exteriores, se utilizará una fibra mineral que está compuesta de roca fundida junto con escoria de acero reciclada. El resultado de esta mezcla es una fibra. Este tipo de aislamiento se encuentra disponible con diferentes densidades en función de la finalidad. Una mayor densidad en el material supone un mejor aislamiento acústico, pero en cuanto al térmico, resulta escaso. Finalmente, este material posee una baja resistencia a la humedad (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

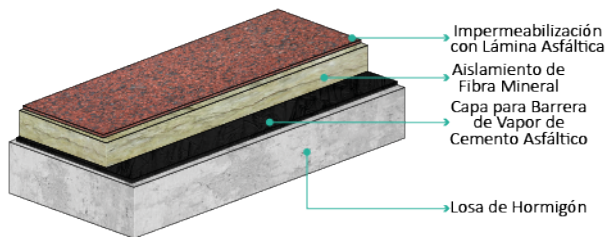


Figura 23. Detalle de Aislamiento Térmico en Losa de Cubierta.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de NHBC Standards, 2006.

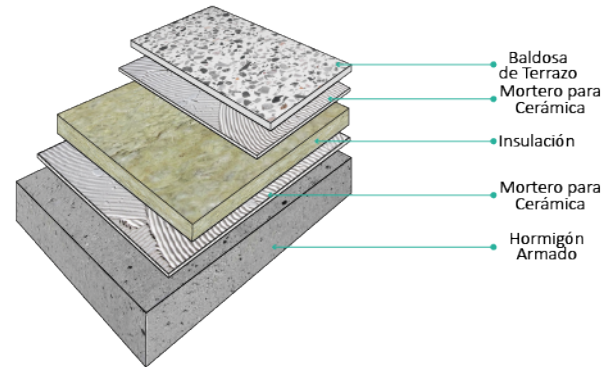


Figura 24. Detalle de Aislamiento Térmico en Losa de Entrepiso.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de Speed Heat, s.f.

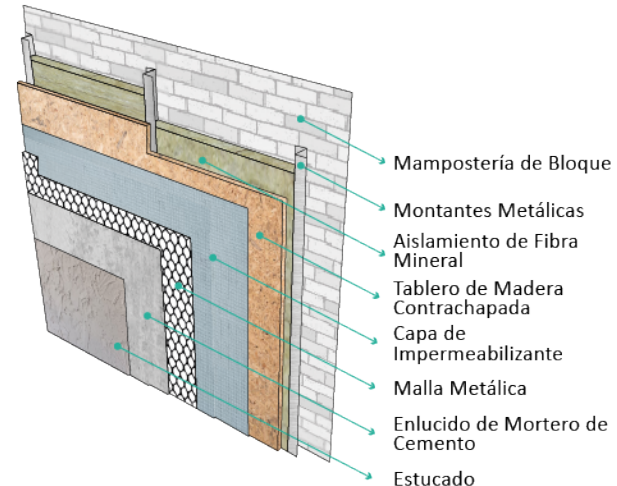


Figura 25. Detalle de Aislamiento Térmico en Paredes Exteriores.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de International Masonry Institute, 2011.

- **MEE07: Techo Verde**

La aplicación de esta medida, proporcionará un aislamiento al techo y además sombra, estas dos características generan una reducción en la transferencia de calor a los interiores de la edificación. Mediante el uso de techos verdes, la vegetación utilizada genera un efecto de enfriamiento en la edificación, la retención de aguas pluviales y finalmente una reducción en la escorrentía de las aguas superficiales (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

Para el caso optimizado se propone el uso de un techo verde extensivo, con aproximadamente 7 centímetros de sustrato de cultivo liviano y vegetación nativa que posea un bajo mantenimiento. Se eligen estas especificaciones para la colocación del techo verde debido a la facilidad de instalación, la baja necesidad de mantenimiento y la ligereza que aporta positivamente a la estructura de la edificación.

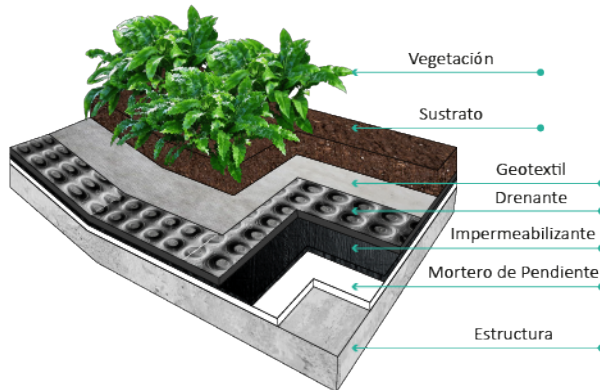


Figura 26. Detalle de Techo Verde Extensivo.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de Contreras-Bejarano, O.

- **MEE09: Eficiencia del Vidrio**

Esta medida propone reducir el consumo de energía a través del uso de superficies vidriadas más eficientes, ya que algunas de ellas ocasionan pérdidas o ganancias de calor en los espacios interiores, lo cual puede ocasionar una alteración en el confort térmico de estos espacios. En este sentido el Manual EDGE nos indica dos aspectos clave, que son la medida de la reflectividad del material y adicionalmente, la absorción de calor del mismo (Toledo, 2023).

El primer aspecto se encargaría de reflejar el calor que emana la luz solar, mientras que el segundo nos permite aislar el elemento para prevenir las pérdidas de calor. Esta medida, que mide la eficiencia del vidrio, está directamente relacionada con la medida MEE01 que mide la relación ventana-pared, ya que, si la proporción de la ventana aplica un material de mayor eficiencia, el consumo energético se ve disminuido (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

En base a los aspectos propuestos por el Manual EDGE, la mejor opción a utilizarse en este caso sería un vidrio de doble acristalamiento Low-E, que permitiría aislar de manera eficiente los espacios que posean una mayor ganancia de calor, generando así un ahorro en cuanto al uso de sistemas de climatización en los interiores de la edificación y además brindando un confort térmico estable en estos espacios.

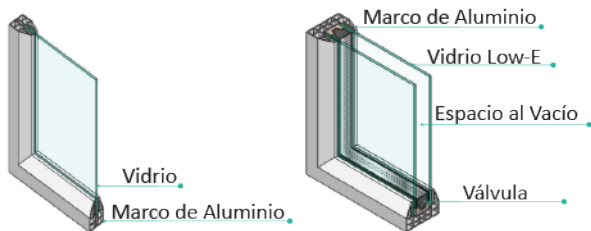


Figura 27. Diferencia entre el Vidrio Normal y el Vidrio de Doble Acristalamiento.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de On Ventanas, 2019.

- **MEE22 Y MEE23: Iluminación Eficiente para Áreas Internas y Externas**

En este sentido, el Manual EDGE afirma que para que esta medida se cumpla, se deben utilizar focos LED de alta eficiencia, o en el caso de edificios, lámparas fluorescentes lineales o compactas. Adicionalmente, se indica que al menos un 90% de los espacios de una edificación deben poseer lámparas o puntos de iluminación eficientes (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

El Manual EDGE mide la eficiencia de la iluminación artificial mediante la cantidad de lúmenes que produce un foco normal sobre la cantidad de vatios que este consume, y en este caso mientras más alto sea el valor de la relación, se entiende que el elemento será más eficiente, es decir, que producirá más luminosidad con una menor cantidad de consumo energético (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

En el caso de este proyecto, tenemos un total de 3 edificaciones, por ende, se requieren una gran cantidad de focos en todos los espacios interiores y en varios de los exteriores que funcionan como áreas públicas y que están disponibles para los usuarios a toda hora del día. En cuanto a los espacios interiores, se propone el uso de

focos LED de 1500 lúmenes, mismos que generarán un 100% de eficiencia en estos espacios.

Los espacios públicos en la edificación son áreas extensas que necesitan ser cubiertas por una gran cantidad de iluminación artificial, ya que se pretende que sean transitadas tanto durante el día como por la noche. Para estas áreas se prevé el uso de focos LED de 18W, ya que este puede llegar a ahorrar hasta un 90% de energía en comparación con focos normales.



Consumo (W)	15W
Lúmenes (lm)	1500 lm
Eficiencia (lm/W)	100 lm/W

Consumo (W)	18W
Lúmenes (lm)	1800 lm
Eficiencia (lm/W)	100 lm/W

Figura 28. Diferencia de Consumo y Eficiencia entre un Foco Común y uno Eficiente.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

- **MEE24: Controles de Iluminación**

El Manual EDGE propone la posibilidad de ahorrar energía en espacios tanto interiores como exteriores que no están siendo utilizados mediante dispositivos de control de la iluminación. Estos nos permiten apagar, encender o atenuar la iluminación artificial de los diferentes espacios de nuestra edificación. En este sentido, EDGE toma en cuenta 3 sistemas de control que pueden ser utilizadas para ahorrar energía, estos son: temporizadores, sensores de encendido y apagado y sensores de luz natural (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

En el caso de esta medida, no existe un valor ni un porcentaje en específico con el cuál podamos guiarnos, ya que no es posible cuantificar el ahorro que nos generan los dispositivos de control de iluminación por factores como el hecho de que existan distintos sistemas a emplearse, o la cantidad de tiempo que se permanece en los distintos espacios, entre otros.

Para los espacios como: escaleras, pasillos, balcones y baños públicos, se plantea el uso de sensores de movimiento para la iluminación artificial, de modo que la luz pueda apagarse cuando estos espacios no estén siendo transitados. Estos sensores poseen una luz infrarroja y son regulables entre 10 segundos y 5 minutos desde el ingreso o salida del espacio.

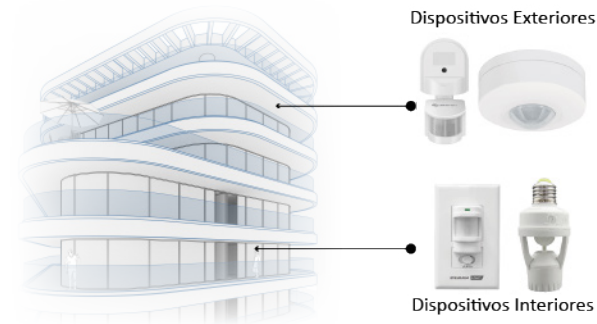


Figura 29. Dispositivos de Control de Iluminación en el Caso Optimizado.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Agua

- **MECA01 y MECA02: Cabezales de Ducha y Grifos con Uso Eficiente de Agua**

En cuanto a esta medida, el Manual EDGE propone el uso de duchas y grifos de bajo flujo que nos permitan reducir el consumo del recurso hídrico, sin generar afectaciones

negativas a la funcionalidad de los elementos. Para que se cumpla esta medida, el flujo de agua real en el caso optimizado debe ser menor al del caso base, y en el caso de que exista un flujo mucho menor al valor predeterminado que nos indica el manual, el elemento aporta a un ahorro superior (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

Para esta medida se pretende generar un ahorro de al menos un 70% de agua potable, ya que esto no solo implica el ahorro de este recurso, sino también un gran ahorro económico, sobre todo en un edificio en altura en el que existe una gran cantidad de personas utilizando el agua al mismo tiempo para varias actividades cotidianas del hogar.

En cuanto a las duchas, actualmente se puede encontrar que la mayoría son ecoeficientes, por ende, se utilizará un cabezal de ducha con accionamiento monomando que hace que la mezcla de agua sea más eficiente, este también posee un sistema restrictor de caudal que nos permite ahorrar agua. Por otra parte, respecto a los elementos de grifería, se utilizarán grifos de latón, ya que estos poseen una durabilidad mayor al contar con una aleación de cobre y zinc. Adicionalmente, estos elementos son compatibles con aireadores, que nos ayudarán a disminuir el consumo del recurso en un 80%.

Caudal	6 l/min	Caudal	8,3 l/min
Ahorro por Uso	14 l/descarga por día	Ahorro por Uso	2 l por minuto 7 usos diarios
Ahorro Mensual	140 l día/hab	Ahorro Mensual	271 litros

Figura 30. Eficiencia de los Cabezales y Grifos a Utilizarse en el Caso Optimizado.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

- **MECA04: Retretes con Uso Eficiente del Agua**

En el caso de esta medida se puede afirmar su aplicación en el caso de que los inodoros de los baños posean un sistema de descarga simple eficiente o de doble descarga. Mediante el uso de estos elementos podemos reducir el agua utilizada en las descargas, ya que permiten utilizar una menor cantidad de agua cuando no se necesita realizar un desfogue completo (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

Para el cumplimiento de esta medida se propone la implementación de inodoros de doble descarga en espacios privados, como son: oficinas, hotel y residencias, que son espacios con una menor afluencia de usuarios. Por otro lado, para los espacios públicos que requieren de servicios higiénicos, como son: comercios, coworking y áreas públicas, se propone el uso de inodoros de descarga simple más eficientes, que no poseen un sistema doble, pero que ofrecen un ahorro importante de agua.

En el caso del inodoro de doble descarga, este nos ofrece 4.1 litros de descarga para desechos líquidos y 6 litros para desechos sólidos, además de ahorro de agua

y descarga eficiente. En cuanto al inodoro simple, este posee una alta eficiencia ya que su consumo de agua por descarga es tan solo de 4,8 litros.

Retretes con Uso Eficiente del Agua		Caudal: 3 a 6 litros/minuto	Ahorro por Uso: 4 litros por uso con un promedio de 7 usos al día	Ahorro por Mensual: 840 litros por persona
Retrete Normal		Caudal: -	Uso Diario: 70 litros	Uso Mensual: 2100 litros

Figura 31. Diferencia entre un Inodoro con Uso Eficiente de Agua y un Inodoro Normal.

Fuente: Elaboración propia basado del gráfico de Flores. J., 2023.

- **MECA08: Grifos de Cocina con Uso Eficiente de Agua**

En cuanto a esta medida, el Manual EDGE propone el uso de grifos de cocina de bajo flujo, que nos permitan reducir el consumo hídrico sin generar afectaciones negativas en la funcionalidad de los elementos. Para que se cumpla esta medida, el flujo de agua real en el caso optimizado debe ser menor al del caso base, y en el caso de que exista un flujo mucho menor al valor predeterminado que nos indica el manual, el elemento generará un ahorro importante de agua. (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

Para esta medida se pretende generar un ahorro de al menos un 70% de agua potable, ya que esto no solo implica el ahorro de este recurso, sino también un gran ahorro económico, sobre todo en un edificio en altura en

el que existe una gran cantidad de personas utilizando el agua al mismo tiempo para varias actividades cotidianas del hogar.

En cuanto a elementos de grifería, se utilizarán grifos de cocina profesionales de acero inoxidable recubiertos con plástico para mejorar la protección del elemento y facilitar su limpieza, los cuales poseen un aireador anti calcáreo para evitar los depósitos de cal y hierro en el elemento. Finalmente, este grifo genera un menor consumo de agua, ya que posee un aireador que causa que el caudal de agua sea más abundante sin necesidad de



Caudal	3-8 l/min
Ahorro por Uso	29 l por cada comida
Ahorro Mensual	1260 litros

consumir una mayor cantidad del recurso.

Figura 32. Eficiencia de un Grifo de Cocina Ahorrador.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

- **MECA14: Sistema de Recolección de Agua de Lluvia**

Para cumplir con esta medida se tiene que haber instalado un mecanismo de recolección de aguas lluvias que se utilice dentro del predio del proyecto. El agua recolectada debe reemplazar el consumo de agua potable para usos finales como, por ejemplo, para descargas de sanitarios, sistemas de HVAC (Sistemas de Climatización y Ventilación), limpieza del edificio o riego de jardines (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

En el caso del diseño de un edificio en altura se debe tener en cuenta que el tanque de almacenamiento de aguas lluvias sea de un tamaño considerable. En este sentido, el proveedor debe tener la capacidad de asesorar sobre los tamaños adecuados para cada tipo de proyecto, y sobre todo, se deben tener en cuenta dos factores, la tasa de abastecimiento, que se toma en cuenta según datos pluviométricos de la localidad y el área de aporte, además de la demanda de la edificación, que en este caso, sería el consumo diario del recurso (Flores, 2023).

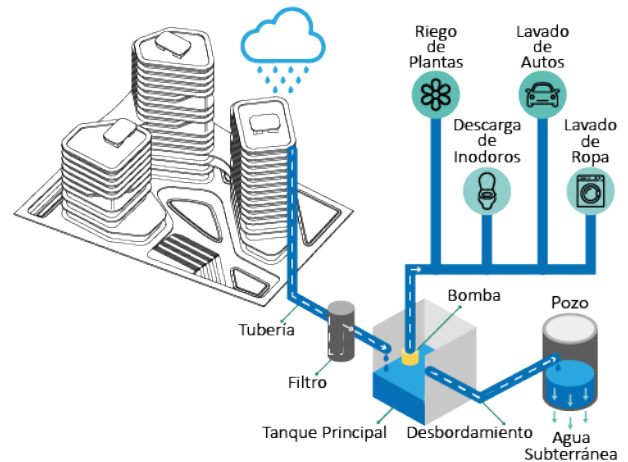


Figura 33. Funcionamiento del Sistema de Recolección de Aguas Lluvias en el Proyecto.

Fuente: Elaboración propia basado en el gráfico de Shutterstock, 2023.

- **MECA15: Sistema de Tratamiento y Reciclado de Aguas Residuales**

Se afirma el uso de la medida cuando se implementa un mecanismo de reciclaje de aguas grises o negras para tratar el recurso residual dentro de la edificación. El recurso debe ser utilizado como reemplazo del consumo del suministro de agua potable dentro del predio del proyecto. Algunos de los usos finales que propone el Manual EDGE son: descargas de sanitarios, sistemas de HVAC (Sistemas de Climatización y Ventilación), mantenimiento de la edificación o riego de jardines (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

Las aguas grises son consideradas aquellas que proceden de los aparatos de agua potable, como las duchas y grifos. Las aguas negras son aquellas que contemplan las aguas grises, y que adicionalmente, incluyen los desechos sólidos que provienen de los sanitarios y las cocinas. Por ende, requieren un tratamiento adicional para ser usadas nuevamente. Además, resulta importante señalar que este tipo de sistemas deben cumplir con ciertas regulaciones y normativas ambientales para poder garantizar la calidad del agua y la salud pública y del medio ambiente (Flores, 2023).

Para el diseño del caso optimizado, se propone el uso de un sistema de tratamiento bastante común, que son los reactores biológicos aeróbicos. Dicha tecnología se encarga de eliminar los químicos y contaminantes específicos según el requerimiento del agua de salida. Posteriormente, el agua reciclada puede ser distribuida mediante una red separada que se almacena en tanques para uso futuro (Flores, 2023).

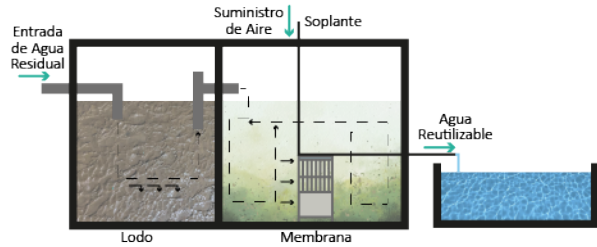


Figura 34. Funcionamiento del Sistema de Tratamiento y Reciclaje de Aguas Residuales.

Fuente: Elaboración propia basado en el gráfico de Conдорchem Enviro Solutions, 2023.

Materiales

- **MEM01, MEM02 y MEM04: Construcción del Piso Inferior, Construcción de Entrepiso y Construcción del Techo**

En este caso el Manual EDGE valora la energía incorporada en la construcción del piso inferior, el entrepiso y el techo del proyecto mediante la suma del impacto de los materiales principales en los procesos de construcción e instalación. Para la aplicación en el diseño de nuestra edificación, EDGE propone una lista de opciones de losa de piso, entrepisos y techos que utilizan varias estrategias y tecnologías que se acercan de la mejor forma posible a la sostenibilidad del proyecto (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

Para la construcción del piso inferior, el entrepiso y el techo se elige la opción del concreto en obra con más de un 25% de escoria granulada molida de alto horno (GGBS), el cual consiste del uso de cemento Portland, arena, agua, agregados y acero de refuerzo, pero en el caso del cemento, el 25% debe ser reemplazado por GGBS, que proviene de los procesos de la producción del acero y el hierro. Este reemplazo se realiza con una relación uno a uno en función de su peso. Normalmente en

la composición de este concreto se utiliza entre el 40% y el 50% de GGBS (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

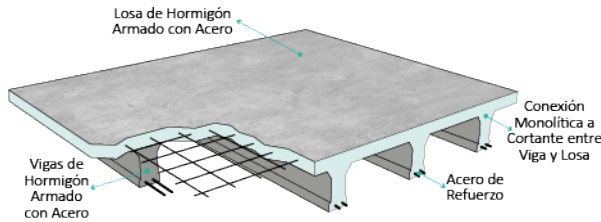


Figura 35. Detalle de Losa de Hormigón Armado Aligerada con Nervios en una Dirección.

Fuente: Elaboración propia basado en el gráfico de Engineering Solution, 2014.

- **MEM03: Acabado de Piso**

En este caso, el Manual EDGE valora la energía incorporada en el tipo de piso de la construcción mediante la suma del impacto de todos los materiales principales para su construcción e instalación. Para la aplicación en el diseño de nuestra edificación, EDGE propone una lista de opciones de acabados de piso que utilizan varias estrategias y tecnologías que se acercan en la mayor medida posible a la sostenibilidad del proyecto (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

En cuanto al acabado del piso, se eligen las baldosas de terrazo, ya que poseen una alta resistencia, además, requieren de poco mantenimiento. Estos pisos pueden fundirse en obra mediante el vaciado de concreto o mediante resina con fragmentos de granito, posteriormente se pule la superficie para un acabado liso; aunque este tipo de baldosas también son producidas en fábricas (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

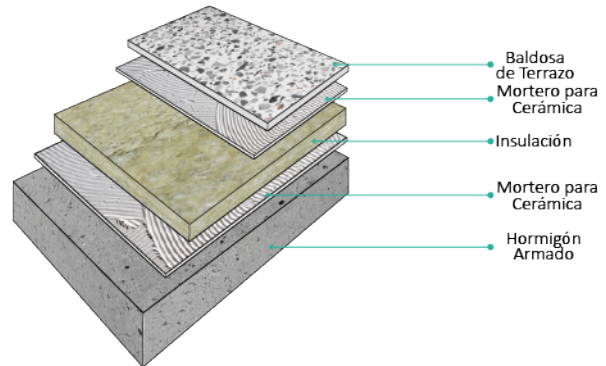


Figura 36. Detalle de Instalación de Baldosa de Terrazo.

Fuente: Elaboración propia basado en el gráfico de Speed Heat, s.f..

- **MEM05 y MEM06: Paredes Exteriores e Interiores**

En este caso, el Manual EDGE evalúa la energía incorporada en los tipos de paredes interiores y exteriores de la construcción mediante la suma del impacto de todos los materiales principales durante los procesos de construcción e instalación. Para la aplicación en el diseño de nuestra edificación, EDGE propone una lista de opciones de paredes exteriores e interiores que utilizan varias estrategias y tecnologías que se acercan en la mejor medida posible a la sostenibilidad del proyecto (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

Para el diseño del caso optimizado, se propone usar muros de bloques de concreto huecos de peso mediano, debido a su ligereza y su mayor facilidad de manipulación que los bloques tradicionales. El hecho de que estos elementos sean livianos permite que la carga de la mampostería sobre la estructura se vea reducida. Adicionalmente, sus vacíos mejoran levemente el aislamiento

térmico y acústico. Finalmente, al ser bloques de gran tamaño, permiten que se disminuya la cantidad de juntas de mortero y la cantidad de mortero de cemento utilizado para su construcción (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

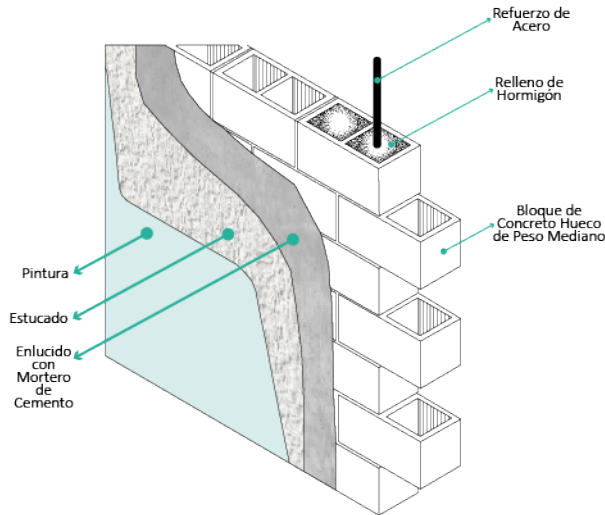


Figura 37. Detalle de Mampostería de Bloque.

Fuente: Elaboración propia basado en el gráfico de Vazquez, J., s.f..

En cuanto a las paredes interiores del caso optimizado, se propone el uso de placas de yeso sobre montantes metálicos. Estos son tipos de paneles fabricados mediante el uso de un centro de yeso que se adhiere a capas de aglomerado o de papel. Estas son colocadas sobre montantes metálicos y son utilizadas por la rapidez de su instalación y por el eficiente acabado que nos brinda.

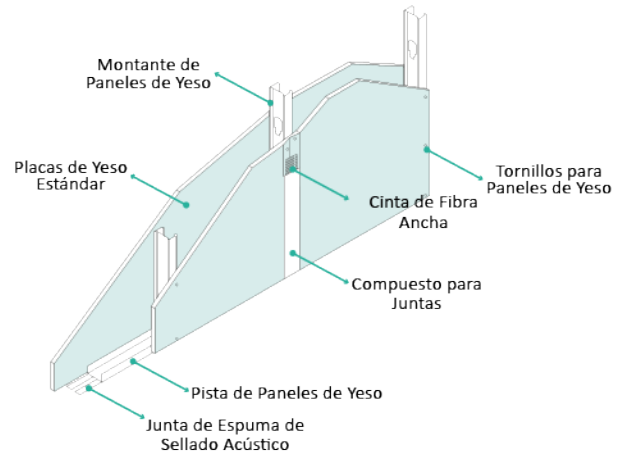


Figura 38. Detalle de los Paneles de Yeso Colocados en Montantes Metálicas.

Fuente: Elaboración propia basado en el gráfico de CAPCO, s.f..

- **MEM07 y MEM08: Marcos y Vidrios de Ventana**

En este caso según el Manual EDGE el objetivo es disminuir la energía incorporada en los materiales de la edificación y para ello se propone una lista de opciones de marcos y vidrios de ventana que poseen una menor proporción de energía incorporada que los marcos y vidrios comunes. Además, estos materiales utilizan varias estrategias y tecnologías que se acercan en la mejor medida posible a la sostenibilidad del proyecto (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

Se eligen los marcos para ventana de aluminio debido a que es el material más ligero y no tiende a oxidarse como el acero y otros materiales ferrosos. Sin embargo, existe una única desventaja respecto al aluminio: el metal no es muy buen conductor de calor, lo que provoca que el rendimiento térmico de las ventanas que utilizan este material no resulte tan adecuado a diferencia de otros (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

En base a los aspectos propuestos por el Manual EDGE, la mejor opción a utilizarse en este caso sería un vidrio de doble acristalamiento Low-E, que permitiría aislar de manera eficiente los espacios que posean una mayor ganancia de calor, generando así un ahorro en cuanto al uso de sistemas de climatización en los interiores de la edificación, además, brindando un confort térmico estable en estos espacios.

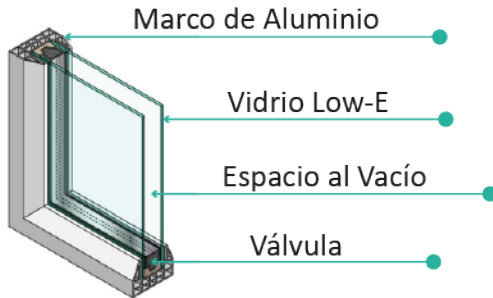


Figura 39. Detalle del Marco de Aluminio y Vidrio de Doble Acristalamiento.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de On Ventanas, 2019.

- **MEM09, MEM10 y MEM11: Aislamiento de Techo, Aislamiento de las Paredes y Aislamiento del Piso**

En este caso según el Manual EDGE el objetivo es disminuir la energía incorporada en los materiales de la edificación, y para ello se propone una lista de opciones de

aislamiento de paredes que poseen una menor proporción de energía incorporada. Además, estos materiales utilizan varias estrategias y tecnologías que se acercan en la mejor medida posible a la sostenibilidad del proyecto (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

Para el aislamiento de techo, de las paredes y del piso, se utilizará una fibra mineral que está compuesta de roca fundida junto con escoria de acero reciclada. El resultado de esta mezcla es una fibra. Este tipo de aislamiento se encuentra disponible con diferentes densidades en función del uso. Una mayor densidad en el material supone un mejor aislamiento acústico, pero en cuanto al térmico, resulta escaso. Finalmente, este material posee una resistencia reducida frente a la humedad (Guía del Usuario de EDGE, 2021).

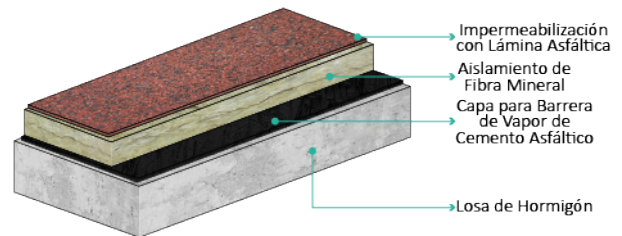


Figura 40. Detalle de Aislamiento Térmico en Losa de Cubierta.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de NHBC Standards, 2006.

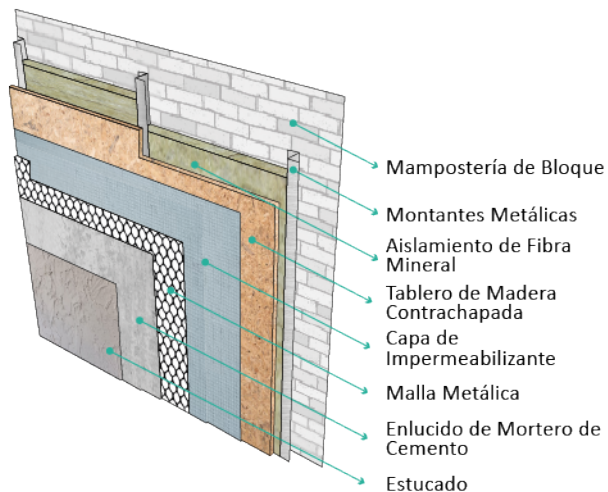


Figura 41. Detalle de Aislamiento Térmico en Paredes Exteriores.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de International Masonry Institute, 2011.

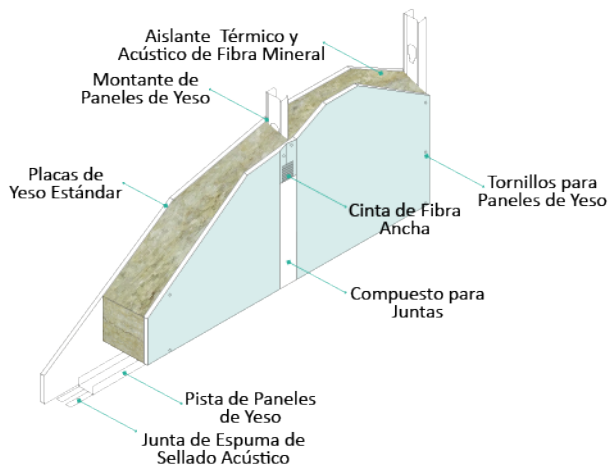


Figura 42. Detalle de Aislante de Fibra Mineral para Paredes de Yeso.

Fuente: Elaboración propia basado en el gráfico de CAP-

CO, s.f.

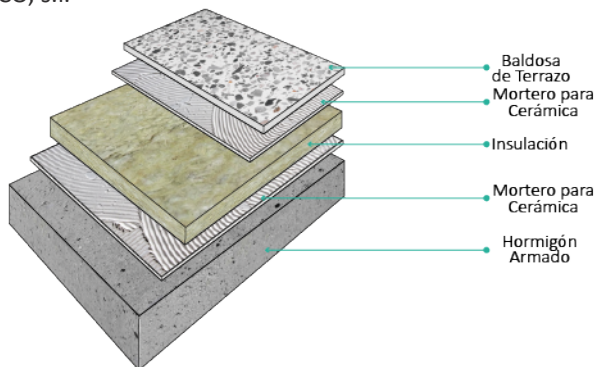


Figura 43. Detalle de Aislamiento Térmico en Losa de Entrepiso.

Fuente: Elaboración propia, basado en el gráfico de Speed Heat, s.f.

2.1.4. Aplicar los parámetros del Manual EDGE en el caso base y el caso optimizado

En la primera parte de esta fase se determinaron los parámetros referenciales que nos brinda el Manual EDGE en cuanto a la eficiencia energética, la eficiencia hídrica y la energía incorporada en los materiales. Una vez obtenidos los parámetros, estos se aplicarán a ambos casos: el caso base y el optimizado, para comprender cuales medidas han sido o no utilizadas y sus razones.

Para lograr tener una idea clara de los parámetros seleccionados y como estos han sido aplicados, se desarrollará una tabla para cada caso, en donde se describirá la acción expuesta por el PACQ a 2030, junto con las razones por la que ha sido aplicada. En este sentido, es claro que el caso base no tendrá la misma cantidad de parámetros que el caso optimizado, ya que la idea es que el caso base sea lo más cercano a la realidad de la construcción tradicional en Quito, mientras que el caso optimizado es a donde queremos llegar con el diseño de los edificios en altura en nuestra ciudad.

CASO BASE - MEDIDAS DE EFICIENCIA		
Medida	Descripción	Selección y Sustento
MEE04: Dispositivos de Control Solar Externos	Los dispositivos de control solar externos son colocados en la fachada de la edificación para proteger los vidrios contra la radiación solar directa con la finalidad de moderar el resplandor y además para reducir la ganancia de calor en climas en los que predomina la necesidad de aire acondicionado.	Se elige este parámetro debido a que en el diseño original de la fachada de las edificaciones se planteó proporcionar un espacio de balcón en cada piso y ahora estos espacios tienen una doble funcionalidad al poder inhibir parcialmente el paso de la energía solar a los espacios interiores para que estos puedan contar con un confort térmico estable.
MEM01: Construcción del Piso Inferior	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de pisos que poseen una menor proporción de energía incorporada que una losa común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que en el diseño original de las edificaciones se planteó utilizar la losa aligerada de hormigón ya que esta utiliza una menor cantidad de concreto y acero por su ligero peso. Adicionalmente es más eficiente en cuanto a costos, cuando se la compara con la losa de hormigón armado tradicional.
MEM02: Construcción del Entrepiso	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de pisos que poseen una menor proporción de energía incorporada que una losa común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que en el diseño original de las edificaciones se planteó utilizar la losa aligerada de hormigón ya que esta utiliza una menor cantidad de concreto y acero por su ligero peso. Adicionalmente es más eficiente en cuanto a costos, cuando se la compara con la losa de hormigón armado tradicional.

Tabla 12. Medidas del Manual EDGE Aplicadas en el Caso Base.
Fuente: Elaboración propia, 2023.

CASO OPTIMIZADO - MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Medida	Descripción	Selección y Sustento
MEE01: Relación Ventana-Pared	En una edificación es muy importante encontrar un equilibrio adecuado entre la superficie transparente y la superficie opaca en fachadas exteriores ya que podemos aprovechar al máximo la luz natural y reducir la transferencia de calor no deseada para generar un ahorro de energía.	Se elige este parámetro debido a que las fachadas siempre deben lograr este equilibrio, de manera que no se produzca una ganancia de calor excesiva. Además en la ciudad de Quito existen épocas calurosas donde la radiación solar es muy fuerte y puede causar que estos espacios pierdan su confort térmico y que el aire acondicionado trabaje más.
MEE02: Techo Reflectante	Elegir un acabado de techo con mayor reflectancia nos puede ayudar a reducir la carga de refrigeración en espacios que posean aire acondicionado y mejorar el confort térmico en los lugares que no lo posean. Reduce la temperatura de la superficie, mejora la vida útil del acabado y reduce el efecto de isla de calor urbana.	Se elige este parámetro debido a que se puede aprovechar la cantidad de energía solar que recibe la ciudad de Quito para generar espacios que posean un confort térmico estable en todo el proyecto durante las épocas frías, pero también mantener espacios frescos durante las épocas calurosas.
MEE04: Dispositivos de Control Solar Externos	Los dispositivos de control solar externos son colocados en la fachada de la edificación para proteger los vidrios contra la radiación solar directa con la finalidad de moderar el resplandor y además para reducir la ganancia de calor en climas en los que predomina la necesidad de aire acondicionado.	Se elige este parámetro debido a que en el diseño original de la fachada de las edificaciones se planteó proporcionar un espacio de balcón en cada piso y ahora estos espacios tienen una doble funcionalidad al poder inhibir parcialmente el paso de la energía solar a los espacios interiores para que estos puedan contar con un confort térmico estable.
MEE05: Aislamiento de Techo	El aislamiento nos permite evitar la transmisión de calor que proviene del espacio exterior y se filtra al espacio interior en climas calurosos y del espacio interior al exterior en climas fríos. Un edificio que posee un aislamiento eficiente no requiere tanta demanda en cuanto a sistemas de refrigeración o calefacción.	Se elige este parámetro debido a que la edificación puede aprovechar la radiación solar durante los días en donde hace calor durante la mañana, para generar un confort térmico durante la tarde cuando hay presencia de lluvias o frío. Además se puede mantener fríos los espacios mediante el aislamiento y la refrigeración en épocas de calor.
MEE06: Aislamiento de Losa de Piso y Piso Elevado	El aislamiento nos permite evitar la transmisión de calor que proviene del espacio exterior y se filtra al espacio interior en climas calurosos y del espacio interior al exterior en climas fríos. Un edificio que posee un aislamiento eficiente no requiere tanta demanda en cuanto a sistemas de refrigeración o calefacción.	Se elige este parámetro debido a que la edificación puede aprovechar la radiación solar durante los días en donde hace calor durante la mañana, para generar un confort térmico durante la tarde cuando hay presencia de lluvias o frío. Además se puede mantener fríos los espacios mediante el aislamiento y la refrigeración en épocas de calor.

Tabla 13. Medidas de Eficiencia Energética del Manual EDGE Aplicadas en el Caso Optimizado.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

CASO OPTIMIZADO - MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA		
Medida	Descripción	Selección y Sustento
MEE08: Aislamiento Térmico de Paredes Exteriores	El aislamiento nos permite evitar la transmisión de calor que proviene del espacio exterior y se filtra al espacio interior en climas calurosos y del espacio interior al exterior en climas fríos. Un edificio que posee un aislamiento eficiente no requiere tanta demanda en cuanto a sistemas de refrigeración o calefacción.	Se elige este parámetro debido a que la edificación puede aprovechar la radiación solar durante los días en donde hace calor durante la mañana, para generar un confort térmico durante la tarde cuando hay presencia de lluvias o frío. Además se puede mantener fríos los espacios mediante el aislamiento y la refrigeración en épocas de calor.
MEE09: Eficiencia del Vidrio	Al aplicar un revestimiento de baja emisividad en los elementos vidriosos, permitimos una reducción de la transferencia de calor al reflejar la energía térmica. Estos revestimientos están compuestos por capas de óxido metálico extremadamente finos que se colocan en la superficie del vidrio para mantener el calor en el lado en el que se origina.	Se elige este parámetro debido a que en la ciudad de Quito existen épocas calurosas, donde la energía solar crea espacios donde el confort térmico ya no es estable y se vuelve insoportable. En este sentido el vidrio puede ser de gran ayuda para reflejar parte de esta energía para que los espacios interiores no se vean afectados en cuanto a su temperatura ambiente.
MEE22: Iluminación Eficiente para Áreas Internas	Los focos de bajo consumo tienen la capacidad de generar más luz con menor energía en comparación a los focos tradicionales, y reducen el consumo energético del edificio. Debido a la reducción del calor residual que generan estos focos, se disminuye también la ganancia de calor dentro de los espacios y por ende la necesidad de refrigeración.	Se elige este parámetro debido a que existen varios espacios dentro de la edificación que requieren de iluminación artificial por su distribución en el diseño. Se propone el uso de iluminación de bajo consumo para poder generar un ahorro económico y energético, además estos ayudan a reducir la ganancia de calor en los espacios interiores.
MEE23: Iluminación Eficiente para Áreas Externas	Los focos de bajo consumo tienen la capacidad de generar más luz con menor energía en comparación a los focos tradicionales, y reducen el consumo energético del edificio. Adicionalmente, se prolonga la vida útil de las lámparas, reduciendo su costo de mantenimiento y se reducen los GEI.	Se elige este parámetro debido a que todos los espacios públicos fuera de la edificación requieren de iluminación artificial ya que funcionan a toda hora. Para esto se propone el uso de iluminación de bajo consumo que nos permita iluminar todos los espacios públicos posibles sin impactar al medio ambiente y generando un ahorro energético y económico.
MEE24: Controles de Iluminación	Al instalar controles de iluminación en ciertos espacios, se reduce el uso de energía eléctrica. Esto puede lograrse mediante el uso de sensores de ocupación, que evitan que las luces se mantengan encendidas cuando el espacio está desocupado. También se pueden usar sensores fotoeléctricos que detectan cuando hay suficiente iluminación natural.	Se elige este parámetro debido a que existen varios espacios dentro y fuera de la edificación que a veces no están siendo utilizados y por ende no requieren de iluminación por varios periodos de tiempo. Esta medida nos ayuda a ahorrar aún más energía al funcionar a la par con la iluminación eficiente.

Tabla 14. Medidas de Eficiencia Energética del Manual EDGE Aplicadas en el Caso Optimizado.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

CASO OPTIMIZADO - MEDIDAS DE EFICIENCIA HÍDRICA		
Medida	Descripción	Selección y Sustento
MECA01: Cabezales de Ducha con Uso Eficiente de Agua	Las duchas de bajo flujo logran reducir el consumo de agua sin afectar negativamente la funcionalidad. La reducción del flujo de la ducha trae consigo una disminución de la energía necesaria para producir agua caliente, por lo tanto se reduce el consumo de agua y la cantidad de energía necesaria para calentarla y bombearla.	Se elige este parámetro debido a que el proyecto posee una gran cantidad de baños y al intercambiar los cabezales de ducha normales por los eficientes estamos generando un gran ahorro de agua y de energía para las bombas de agua. Finalmente estos cabezales generalmente son más duraderos y requieren menos mantenimiento que los comunes.
MECA02: Grifos con Uso Eficiente del Agua para Baños Privados/Todos los Baños	Los aireadores y grifos de cierre automático para lavabos y fregaderos logran reducir el consumo de agua sin afectar negativamente la funcionalidad, ya que reducen el flujo de agua limitando su caudal. En este sentido mientras el flujo sea menor se generará un mayor ahorro de agua.	Se elige este parámetro debido a que el proyecto posee una gran cantidad de espacios que requieren grifería y al intercambiar estos elementos por unos más eficientes estamos generando un gran ahorro de agua. Finalmente estos elementos generalmente son más duraderos y requieren menos mantenimiento que los comunes.
MECA04: Retretes con Uso Eficiente del Agua para Baños Privados/Todos los Baños	La instalación de retretes de doble descarga nos permite reducir el uso de una gran cantidad de agua ya que ofrece la posibilidad de usar una determinada cantidad del recurso por descarga. De igual manera los retretes de descarga simple con uso de agua eficiente o con una válvula de descarga nos generan un gran ahorro.	Se elige este parámetro debido a que el proyecto posee una gran cantidad de baños y al intercambiar los inodoros normales por los eficientes o aquellos que poseen doble descarga, estamos generando un gran ahorro de agua y de energía para las bombas de agua.

Tabla 15. Medidas de Eficiencia Hídrica del Manual EDGE Aplicadas en el Caso Optimizado.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

CASO OPTIMIZADO - MEDIDAS DE EFICIENCIA HÍDRICA		
Medida	Descripción	Selección y Sustento
MECA08: Grifos de Cocina con Uso Eficiente del Agua	Los aireadores y grifos de cierre automático para lavabos y fregaderos logran reducir el consumo de agua sin afectar negativamente la funcionalidad, ya que reducen el flujo de agua limitando su caudal. En este sentido mientras el flujo sea menor se generará un mayor ahorro de agua.	Se elige este parámetro debido a que el proyecto posee una gran cantidad de espacios que requieren grifería y al intercambiar estos elementos por unos más eficientes estamos generando un gran ahorro de agua. Finalmente estos elementos generalmente son más duraderos y requieren menos mantenimiento que los comunes.
MECA14: Sistema de Recolección de Agua de Lluvia	Los sistemas de recolección de aguas lluvias nos permiten reducir el consumo de agua del suministro público. Para cumplir esta premisa es necesario que el agua recolectada se utilice en el predio del proyecto y se debe demostrar que reemplaza el uso del suministro público.	Se elige este parámetro debido a que el proyecto ocupa gran espacio en el predio y con las épocas de lluvia que generalmente hay en la ciudad de Quito. Resulta indispensable la aplicación de esta medida para poder aprovechar el agua lluvia y no saturar el suministro de agua potable público.
MECA15: Sistema de Tratamiento y Reciclado de Aguas Residuales	Al igual que con los sistemas de recolección de aguas lluvias, los sistemas de trazaiento y reciclado de aguas residuales nos permiten reducir el consumo de agua del suministro público. Adicionalmente se reduce la carga en la infraestructura local de abastecimiento de agua y alcantarillado.	Se elige este parámetro debido a que el proyecto posee grandes cantidades de elementos que utilizan agua potable y que podría ser reutilizada para varias actividades cotidianas. Además resulta indispensable la aplicación de esta medida para poder darle un segundo uso al agua y no saturar el suministro de agua potable público.

Tabla 16. Medidas de Eficiencia Hídrica del Manual EDGE Aplicadas en el Caso Optimizado.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

CASO OPTIMIZADO - MEDIDAS DE EFICIENCIA EN MATERIALES		
Medida	Descripción	Selección y Sustento
MEM01: Construcción del Piso Inferior	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de pisos que poseen una menor proporción de energía incorporada que una losa común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que la construcción del proyecto usa en su mayoría el hormigón y para poder causar un menor impacto en el medio ambiente utilizamos el residuo de otros materiales para la mezcla de este material. Adicionalmente se conoce que el cemento que utiliza GGBS es mucho más fuerte que el cemento común.
MEM02: Construcción del Entrepiso	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de pisos que poseen una menor proporción de energía incorporada que una losa común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que la construcción del proyecto usa en su mayoría el hormigón y para poder causar un menor impacto en el medio ambiente utilizamos el residuo de otros materiales para la mezcla de este material. Adicionalmente se conoce que el cemento que utiliza GGBS es mucho más fuerte que el cemento común.
MEM03: Acabado de Piso	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de pisos que poseen una menor proporción de energía incorporada que un piso común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que el proyecto necesita cubrir la mayoría de los espacios con un tipo de piso y en este caso la baldosa de terrazo es un material con alta resistencia y requiere poco mantenimiento. Además es un material es reciclado puesto que posee fragmentos de mármol.
MEM04: Construcción del Techo	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de techo que poseen una menor proporción de energía incorporada que una losa de techo común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que la construcción del proyecto usa en su mayoría el hormigón y para poder causar un menor impacto en el medio ambiente utilizamos el residuo de otros materiales para la mezcla de este material. Adicionalmente se conoce que el cemento que utiliza GGBS es mucho más fuerte que el cemento común.
MEM05: Paredes Exteriores	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de paredes exteriores que poseen una menor proporción de energía incorporada que una pared exterior común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que para la construcción del edificio se busca trabajar con materiales sostenibles y en este caso los bloques de concreto huecos son una opción viable ya que son muy ligeros y fáciles de manipular. Además permiten alivianar la carga permanente de la estructura y mejora el aislamiento térmico y acústico de la edificación.

Tabla 17. Medidas de Eficiencia en los Materiales del Manual EDGE Aplicadas en el Caso Optimizado.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

CASO OPTIMIZADO - MEDIDAS DE EFICIENCIA EN MATERIALES		
Medida	Descripción	Selección y Sustento
MEM06: Paredes Interiores	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de paredes interiores que poseen una menor proporción de energía incorporada que una pared interior común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que para la construcción de las paredes interiores del edificio se busca ahorrar tiempo y dinero, por ende el uso de placas de yeso sobre montantes metálicos es una opción viable. Su instalación es relativamente fácil y el acabado que nos brinda es eficiente.
MEM07: Marcos de Ventana	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de marcos de ventana que poseen una menor proporción de energía incorporada que un marco común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que el proyecto posee una gran cantidad de ventanas y se busca utilizar un material que genere un ahorro de tiempo y dinero. En este sentido los marcos de aluminio son una opción menos costosa y además son resistentes. Finalmente estos son fáciles de instalar y no generan más calor al interior a diferencia de otros materiales.
MEM08: Vidrios de las Ventanas	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de vidrios que poseen una menor proporción de energía incorporada que un marco común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que el proyecto posee paredes de yeso y para generar un aislamiento tanto térmico como acústico es indispensable el uso de aislamiento. En este caso la fibra mineral es un material reciclado de roca fundida y escoria de acero así que usamos un material que aporte positivamente a la sostenibilidad del proyecto.

Tabla 18. Medidas de Eficiencia en los Materiales del Manual EDGE Aplicadas en el Caso Optimizado.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

CASO OPTIMIZADO - MEDIDAS DE EFICIENCIA EN MATERIALES		
Medida	Descripción	Selección y Sustento
MEM09: Aislamiento del Techo	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de aislamiento que poseen una menor proporción de energía incorporada que un marco común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que el proyecto posee paredes de yeso y para generar un aislamiento tanto térmico como acústico es indispensable el uso de aislamiento. En este caso la fibra mineral es un material reciclado de roca fundida y escoria de acero así que usamos un material que aporte positivamente a la sostenibilidad del proyecto.
MEM10: Aislamiento de las Paredes	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de aislamiento que poseen una menor proporción de energía incorporada que un marco común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que el proyecto posee paredes de yeso y para generar un aislamiento tanto térmico como acústico es indispensable el uso de aislamiento. En este caso la fibra mineral es un material reciclado de roca fundida y escoria de acero así que usamos un material que aporte positivamente a la sostenibilidad del proyecto.
MEM11: Aislamiento del Piso	El objetivo de esta medida es reducir la energía incorporada en los materiales de la edificación. Para esto se especifican los tipos de aislamiento que poseen una menor proporción de energía incorporada que un marco común. Se evalúa la energía incorporada mediante la suma del impacto de los materiales fundamentales usados en su construcción.	Se elige este parámetro debido a que el proyecto posee paredes de yeso y para generar un aislamiento tanto térmico como acústico es indispensable el uso de aislamiento. En este caso la fibra mineral es un material reciclado de roca fundida y escoria de acero así que usamos un material que aporte positivamente a la sostenibilidad del proyecto.

Tabla 19. Medidas de Eficiencia en los Materiales del Manual EDGE Aplicadas en el Caso Optimizado.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

2.1.5. Investigar acerca del PACQ a 2023 y sus propuestas

Para poder determinar los parámetros referenciales según el Plan de Acción Climático de Quito a 2030, se hizo una investigación y selección de los parámetros que tratan acerca de edificaciones sostenibles, crecimiento urbano, gestión de recursos, servicios ambientales y acción climática inclusiva. El PACQ nos brinda una descripción textual de cada una de las acciones y subacciones que se plantea aplicar hasta el año 2030 para contribuir a que la ciudad de Quito sea más sostenible y ecoeficiente. En este sentido, se realizará una tabla que estará compuesta por una columna donde se indicará el nombre de la acción según está referenciada en el PACQ, a continuación, se colocarán las subacciones elegidas y una breve descripción de cada una, para finalmente, brindar una breve explicación de la razón por la que la medida si aplica para ser utilizada como un parámetro referencial para la comparación del caso base y el caso optimizado.

EDIFICACIONES SOSTENIBLES Y ECOEFICIENTES PARA LA REDUCCIÓN DE HUELLA DE CARBONO Y AUMENTO DE RESILIENCIA	Subacciones	Descripción	Selección y Sustento
	Herramienta y Normativas de Ecoeficiencia para Edificaciones Nuevas (Residenciales y Comerciales)	Implementa la Ordenanza de Ecoeficiencia para edificaciones nuevas, además de parámetros de ecoeficiencia en el PUGS. También se incluyen criterios relacionados a: recolección y reutilización de aguas lluvias, tratamiento y reutilización de aguas grises, generación y aprovechamiento de energía solar, terrazas y paredes verdes, aportes al espacio público, diversidad de usos en la edificación y planes de manejo adecuado de escombros y residuos sólidos con base en buenas prácticas de construcción.	Se elige este parámetro debido a que en la construcción es importante que se lleven a cabo distintas acciones que aporten de manera positiva a la ecoeficiencia. Y en el caso de esta subacción, se implementan varios criterios que también pueden ser encontrados dentro del manual EDGE, por ende se alinean los objetivos que se quieren lograr con la construcción.
	Sistema de Monitoreo y Evaluación de Ecoeficiencia en Edificaciones	Desarrolla un sistema de monitoreo y evaluación por parte del Municipio con soporte de socios estratégicos como entidades colaboradoras para determinar el rendimiento energético, la gestión de recursos de las edificaciones ecoeficientes y la elaboración de un sistema de etiquetado de ecoeficiencia.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura es necesario monitorear los rendimientos de energía y la gestión de residuos para su consumo y disposición responsable. De esta manera se puede evaluar también las áreas en las que se puede mejorar para lograr la ecoeficiencia.
	Ecoeficiencia en Edificaciones Existentes (Residenciales y Comerciales)	Desarrolla instrumentos normativos para incluir reglas de ecoeficiencia en edificaciones existentes. Además desarrolla guías para la implementación de mecanismos de “retrofit” para la mitigación y adaptación al cambio climático.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura ya existente, es necesario que se trabaje en varios aspectos para llegar a la ecoeficiencia, de manera que estos estén a la par con los nuevos objetivos para mitigar el cambio climático.

Tabla 20. Descripción y Selección de Medidas del Plan de Acción Climático de Quito a 2030 – Edificaciones Sostenibles y Ecoeficientes para la Reducción de Huella de Carbono y Aumento de Resiliencia.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

ESTÁNDARES URBANÍSTICOS COMPATIBLES CON EL CLIMA	Subacciones	Descripción	Selección y Sustento
	Estándares Urbanísticos para Espacios Públicos Resilientes Frente a Olas de Calor y Escorrentía	Incluye el desarrollo de estándares urbanísticos resilientes para el uso de suelo, el espacio público y las edificaciones frente a las olas de calor e inundaciones, drenaje y manejo de escorrentía. También plantea el desarrollo de estándares urbanísticos que contemplen mayor espacio para cobertura vegetal y micromovilidad.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura generalmente se piensa en tener espacios públicos, por ende se debe considerar el desarrollo resiliente de estas áreas en nuestros proyectos. Adicionalmente debemos considerar el uso de vegetación local y la facilidad de movilidad para el usuario.

Tabla 21. Descripción y Selección de Medidas del Plan de Acción Climático de Quito a 2030 – Estándares Urbanísticos Compatibles con el Clima

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

MANEJO ADAPTATIVO DEL AGUA	Subacciones	Descripción	Selección y Sustento
	Esquema de Reposición de Huella Hídrica con el Sector Privado	Motiva al sector empresarial, comercial y de servicios públicos y privados a reponer su huella hídrica a través de inversiones en acciones de conservación y protección de fuentes de agua que abastecen al DMQ ejecutadas por el FONAG. Uno de los cobeneficios es el almacenamiento de carbono en el páramo.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura se consumen grandes cantidades de agua, desde su construcción hasta su posterior uso. En este sentido se busca reponer la huella hídrica por medio de conservación y protección del recurso, en donde muchas personas pueden aportar al cambio.
Promover la Reducción del Consumo para Aumentar la Resiliencia en la Provisión del Recurso Hídrico mediante el Programa del Consumo Responsable del Agua	Realiza una sensibilización para el consumo responsable del agua potable, a través de talleres in situ y extra situ en los barrios y comunidades que son zonas de acción del FONAG, así como en instituciones públicas y privadas que deseen mejorar el uso de este recurso.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura se necesita sensibilizar a los usuarios acerca del consumo responsable de agua, y en este sentido se plantean talleres en donde se pueda concientizar en cuanto a la como utilizar el recurso de manera correcta y apoyando a la ecoeficiencia.	

Tabla 22. Descripción y Selección de Medidas del Plan de Acción Climático de Quito a 2030 – Manejo Adaptativo del Agua.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

INFRAESTRUCTURA PARA AUMENTAR RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO	Subacciones	Descripción	Selección y Sustento
	Sistemas de Drenaje Urbano Sostenibles (SUDs)	Consiste de una respuesta hidrológica en las zonas urbanas para simular el flujo de escurrimiento superficial y procura ser parecida a su estado original. Se priorizarán áreas identificadas de alto riesgo y se espera que se puedan reducir y atenuar los volúmenes de escurrimiento, además reemplazar las medidas estructurales con elementos naturales, mejorar el paisaje y la permeabilidad.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura al tener una gran área de proyecto, se puede pensar en sistemas de drenaje urbano que permitan que el agua se escurra mediante el uso de elementos naturales para mejorar la permeabilidad y que no exista riesgo de inundaciones.

Tabla 23. Descripción y Selección de Medidas del Plan de Acción Climático de Quito a 2030 – Infraestructura para Aumentar Resiliencia al Cambio Climático.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

MANEJO SOSTENIBLE DE LA TIERRA Y PROVISIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES	Subacciones	Descripción	Selección y Sustento
	Esquema de Compensación de Huella de Carbono e Incentivos Financieros para Mantener y Aumentar el Stock de Carbono del DMQ	Plantea la implementación de un esquema de medición, reducción y compensación de huella de carbono para el sector empresarial, comercial y de servicios del DMQ. Esto permitirá a las empresas gestionar sus emisiones de GEI mediante proyectos para el manejo sostenible de la tierra. La compensación dentro de los límites de Quito tiene planeado establecer un balance para la huella de carbono generada y fijada.	Se elige este parámetro debido a que la construcción de un edificio en altura deja una huella de carbono considerable y el hecho de poder gestionar las emisiones de GEI y de manejar un esquema en los que se pueda medir, reducir y compensar esta huella nos permite ser más conscientes acerca de los procesos de construcción y posteriormente cuando el edificio esté en uso de la gestión y mantenimiento del mismo.

Tabla 24. Descripción y Selección de Medidas del Plan de Acción Climático de Quito a 2030 – Manejo Sostenible de la Tierra y Provisión de Servicios Ambientales

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

REGENERACIÓN URBANA Y SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA	Subacciones	Descripción	Selección y Sustento
	Grupo de Grupos de Trabajo Participativo de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN)	Dentro del marco del proyecto CLEVER Cities, se establecerán grupos de trabajo vinculados con los SbN y la regeneración y reactivación urbana. Estos grupos estarían conformados por: los barrios priorizados, el Municipio del DMQ, la sociedad civil organizada y la academia.	Se elige este parámetro debido a que en un edificio en altura se busca crear espacios públicos donde la regeneración urbana sea una prioridad y los grupos de trabajo pueden trabajar en conjunto para lograr este objetivo aportando ideas y soluciones.
Hub Regional de Soluciones Basadas en la Naturaleza	Consiste de un espacio donde tanto actores públicos como privados que se encuentren vinculados e interesados en el tema de las SbN, interactúen e intercambien experiencias que potencien la difusión e implementación de las SbN en América del Sur.	Se elige este parámetro debido a que la construcción de un edificio en altura es importante que varios actores participen aportando ideas para generar espacios urbanos que aporten a la ecoeficiencia y a la regeneración ambiental.	

Tabla 25. Descripción y Selección de Medidas del Plan de Acción Climático de Quito a 2030 – Regeneración Urbana y Soluciones Basadas en la Naturaleza.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

DISTINCIÓN AMBIENTAL	Descripción	Selección y Sustento
	<p>Consiste de un reconocimiento público que entrega la Secretaría de Ambiente del DMQ a la ciudadanía, proyectos, empresas, unidades educativas, universidades, entre otros, que implementan acciones climáticas voluntarias para reducir las huellas de carbono e hídrica. Para el fortalecimiento del proceso de reconocimiento, se incluirán la evaluación de indicadores cuantitativos de la huella de carbono e hídrica para evaluar a los participantes y determinar el impacto y los beneficios de sus acciones. De igual manera a largo plazo se establecerá un sistema de reporte de huella de carbono y un plan de manejo de reducción de emisiones por parte de las empresas.</p>	<p>Se elige este parámetro debido a que se les podría entregar reconocimientos públicos a los proyectos que se planteen trabajar hacia la ecoeficiencia. Esto quiere decir que más proyectos que se estén concibiendo para el futuro podrán alinearse para conseguir los objetivos de sostenibilidad y por ende no solo recibirán este reconocimiento, sino que aportarán de gran manera al cambio climático, ya que la construcción es una actividad económica altamente contaminante.</p>

Tabla 26. Descripción y Selección de Medidas del Plan de Acción Climático de Quito a 2030 – Distinción Ambiental.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

2.1.6. Determinar condiciones del lugar: geografía, altitud, latitud y características del piso climático

A partir de la investigación sobre el PACQ a 2030, que nos permitió conocer cuáles son las medidas de sostenibilidad que podemos aplicar a nuestro proyecto, es importante también conocer acerca de cómo las condiciones de la ciudad de Quito pueden favorecer o desfavorecer a nuestro proyecto. En este sentido, se busca evaluar la geografía, la altitud, la latitud y las características del piso climático del sitio donde se diseñó el edificio en altura.

En cuanto a la geografía, Quito es considerada la segunda capital más alta en el mundo ya que está ubicada a 2.830 metros sobre el nivel del mar. La ciudad se ha desarrollado en el eje norte-sur y se ubica hacia el occidente de la Cordillera de los Andes, cercana a la latitud cero. Además, se extiende en una superficie de 4.183 km² y está dividida por cinco diferentes sectores: los valles, el sur, el centro histórico, el centro norte y el norte (FLACSO, s. f.). La latitud de la ciudad se encuentra en 0°13'12" S, 78°30'45" W y en decimal, esta es de -0.22°, -78.5125°.

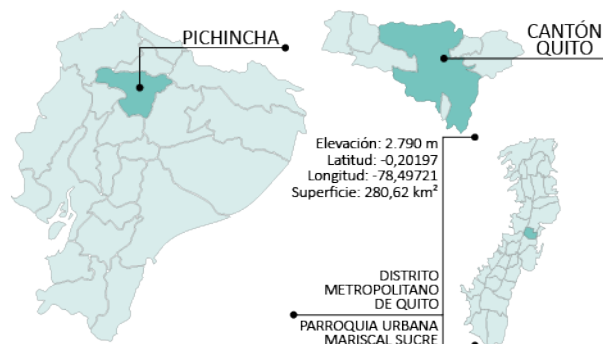


Figura 44. Desglose de la Ubicación Geográfica de Quito. **Fuente:** Elaboración propia, basado en el gráfico de Toledo Donoso, 2023.

El clima es bastante cambiante, ya que se puede pasar de los 25°C durante la mañana y el medio día a los 10°C durante la noche y la madrugada, y para la ciudadanía no resulta raro que existan fuertes lluvias, temperaturas bajas y fuertes soles en un mismo día. Pese a ser tan variante el clima, igual se puede distinguir la época lluviosa que inicia en octubre y termina en diciembre y la época seca que comienza en mayo y se extiende hasta septiembre (FLACSO, s. f.).

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura Media (°C)	11.1	11.2	11.2	11.3	11.5	11.4	11.5	11.7	11.5	11.3	11.1	11.1
Temperatura Mínima (°C)	8.8	8.8	8.7	8.7	8.8	8.4	8.3	8.1	8.3	8.5	8.5	8.8
Temperatura Máxima (°C)	14.8	14.8	15	15.1	15.3	15.7	16	16.7	16.3	15.5	15	14.8
Precipitación (mm)	280	270	315	311	254	156	116	119	207	274	287	288
Humedad (%)	85%	86%	85%	84%	82%	76%	72%	70%	75%	83%	86%	86%
Días Lluviosos (días)	21	20	21	21	21	19	19	20	21	21	20	21
Horas de Sol (horas)	5.8	5.6	6.0	6.4	6.7	7.4	7.9	8.3	7.9	6.8	5.9	5.9

Tabla 27. Datos Históricos del Tiempo en Quito. **Fuente:** Elaboración propia, basado en el gráfico Climate Data, 2023.

Respecto de la tabla mostrada anteriormente, en la que se pueden apreciar diversos datos climáticos de Quito, podemos observar que la temperatura media durante todo el año es de 11°C, la temperatura mínima es de 8°C y la máxima es de 15°C; lo cual indica que generalmente la temperatura de Quito es un poco más fría de lo normal. En cuanto a lluvias, los meses que presentan menos precipitaciones son junio, julio y agosto; mientras que durante el resto del año hay presencia de varios días lluviosos por mes.

ñar nuestros proyectos debemos pensar en trabajar para que las edificaciones tengan un confort térmico estable. Adicionalmente, este gráfico nos indica la importancia de aprovechar la luz solar en la ciudad en la que vivimos, para almacenarla y convertirla en energía que pueda ser usada en las actividades cotidianas en el hogar.

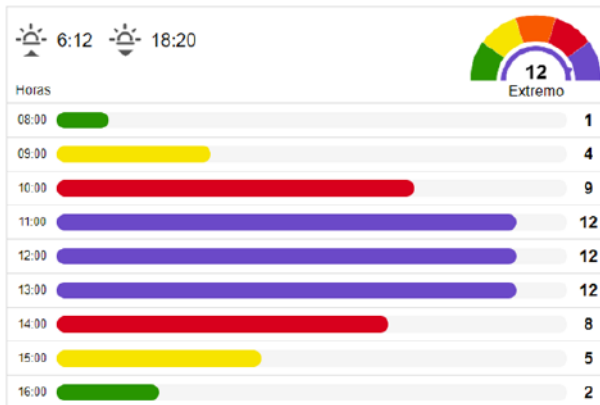


Figura 45. Índice de Radiación Solar en Quito 30 de Diciembre.

Fuente: Tu Tiempo, 2023.

Mediante el gráfico podemos observar que el índice de radiación solar en Quito a ciertas horas, sobre todo alrededor del mediodía, es bastante fuerte. Sin embargo, las temperaturas no necesariamente son altas. Esto se debe a que nos encontramos a una altura de 2.830 msnm y por ende, la incidencia solar es más fuerte que en otros lugares.

Estos altos niveles de radiación solar pueden ocasionar afectaciones a la salud, por ende, al momento de dise-

2.1.7. Aplicar los parámetros del PACQ a 2030 en el caso base y el caso optimizado

Anteriormente se determinaron los parámetros referenciales que nos brinda el Plan de Acción Climático de Quito a 2030 en cuanto a las principales acciones y subacciones a implementarse, que son aquellas que generarán más impacto y las que poseen más beneficios territoriales. Una vez obtenidos los parámetros, estos se aplicarán a ambos casos: el caso base y el optimizado, para comprender cuales medidas han sido utilizadas y sus razones.

Para lograr tener una idea clara de los parámetros seleccionados y como estos han sido aplicados, se desarrollará una tabla para cada caso, en donde se describirán las acciones y subacciones expuestas por el PACQ a 2030, junto con las razones por las que han sido aplicadas. En este sentido, es claro que el caso base no tendrá la misma cantidad de parámetros que el caso optimizado ya que la idea es que el caso base sea lo más cercano a la realidad de la industria de la construcción en Quito actualmente, mientras que el caso optimizado es a donde queremos llegar con el diseño de los edificios en altura en nuestra ciudad.

CASO BASE - ACCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO			
	Subacciones	Descripción	Selección y Sustento
ESTÁNDARES URBANÍSTICOS COMPATIBLES CON EL CLIMA	Estándares Urbanísticos para Espacios Públicos Resilientes Frente a Olas de Calor y Escorrentía	Incluye el desarrollo de estándares urbanísticos resilientes para el uso de suelo, el espacio público y las edificaciones frente a las olas de calor e inundaciones, drenaje y manejo de escorrentía. También plantea el desarrollo de estándares urbanísticos que contemplen mayor espacio para cobertura vegetal y micromovilidad.	Se elige este parámetro debido a que en el caso base, el proyecto siempre planteó tener espacios públicos resilientes, estos permiten tener confort térmico en climas fríos y calurosos. Adicionalmente se plantea el uso de vegetación nativa para cubrir los espacios verdes de las áreas públicas para fomentar el cuidado de estas especies.

Tabla 28. Acciones y Subacciones del PACQ a 2030 Aplicadas en el Caso Base.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

CASO OPTIMIZADO - ACCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO			
	Subacciones	Descripción	Selección y Sustento
EDIFICACIONES SOSTENIBLES Y ECOEFICIENTES PARA LA REDUCCIÓN DE HUELLA DE CARBONO Y AUMENTO DE RESILIENCIA	Herramienta y Normativas de Ecoeficiencia para Edificaciones Nuevas (Residenciales y Comerciales)	Implementa la Ordenanza de Ecoeficiencia para edificaciones nuevas, además de parámetros de ecoeficiencia en el PUGS. También se incluyen criterios relacionados a: recolección y reutilización de aguas lluvias, tratamiento y reutilización de aguas grises, generación y aprovechamiento de energía solar, terrazas y paredes verdes, aportes al espacio público, diversidad de usos en la edificación y planes de manejo adecuado de escombros y residuos sólidos con base en buenas prácticas de construcción.	Se elige este parámetro ya que al momento de preparar el caso optimizado, se eligieron una gran cantidad de medidas a ser aplicadas en el mismo, y muchas de ellas se alinean con esta subacción. En el caso optimizado algunas de las medidas que se alinean con esta subacción son: la recolección y reutilización de aguas lluvias, tratamiento y reutilización de aguas grises, generación y aprovechamiento de energía solar y la diversidad de usos en la edificación.
	Sistema de Monitoreo y Evaluación de Ecoeficiencia en Edificaciones	Desarrolla un sistema de monitoreo y evaluación por parte del Municipio con soporte de socios estratégicos como entidades colaboradoras para determinar el rendimiento energético, la gestión de recursos de las edificaciones ecoeficientes y la elaboración de un sistema de etiquetado de ecoeficiencia.	Se elige este parámetro debido a que en el caso optimizado se busca que los usuarios estén informados acerca del rendimiento de la edificación en varios ámbitos. De esta manera todos pueden aportar significativamente para que el proyecto logre ahorrar recursos y ser ecoeficiente.
	Ecoeficiencia en Edificaciones Existentes (Residenciales y Comerciales)	Desarrolla instrumentos normativos para incluir reglas de ecoeficiencia en edificaciones existentes. Además desarrolla guías para la implementación de mecanismos de "retrofit" para la mitigación y adaptación al cambio climático.	Se elige este parámetro ya que se busca que el proyecto llegue a ser del todo ecoeficiente y sostenible, y al tener instrumentos normativos existe una gran ventaja y mayor facilidad para comprender lo que debemos aplicar en nuestros proyectos para considerarlos sostenibles.

Tabla 29. Acciones y Subacciones del PACQ a 2030 Aplicadas en el Caso Optimizado.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

CASO OPTIMIZADO - ACCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO			
	Subacciones	Descripción	Selección y Sustento
ESTÁNDARES URBANÍSTICOS COMPATIBLES CON EL CLIMA	Estándares Urbanísticos para Espacios Públicos Resilientes Frente a Olas de Calor y Escorrentía	Incluye el desarrollo de estándares urbanísticos resilientes para el uso de suelo, el espacio público y las edificaciones frente a las olas de calor e inundaciones, drenaje y manejo de escorrentía. También plantea el desarrollo de estándares urbanísticos que contemplen mayor espacio para cobertura vegetal y micromovilidad.	Se elige este parámetro debido a que en el caso base ya se proponía tener espacios públicos resilientes y el uso de vegetación nativa, sin embargo, se busca mejorar aún más estos espacios en cuanto a resiliencia, ya que con el clima de la ciudad de Quito que en su mayoría posee lluvias existen varios riesgos por mitigar.

Tabla 30. Acciones y Subacciones del PACQ a 2030 Aplicadas en el Caso Optimizado.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

CASO OPTIMIZADO - ACCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO			
	Subacciones	Descripción	Selección y Sustento
MANEJO ADAPTATIVO DEL AGUA	Esquema de Reposición de Huella Hídrica con el Sector Privado	Motiva al sector empresarial, comercial y de servicios públicos y privados a reponer su huella hídrica a través de inversiones en acciones de conservación y protección de fuentes de agua que abastecen al DMQ ejecutadas por el FONAG. Uno de los cobeneficios es el almacenamiento de carbono en el páramo.	Se elige este parámetro ya que al momento de preparar el caso optimizado, se eligieron una gran cantidad de medidas en cuanto a eficiencia hídrica para fomentar la reposición de esta huella. Adicionalmente al momento de diseñar y construir un proyecto debemos ser conscientes acerca del consumo de este recurso.
	Promover la Reducción del Consumo para Aumentar la Resiliencia en la Provisión del Recurso Hídrico mediante el Programa del Consumo Responsable del Agua	Realiza una sensibilización para el consumo responsable del agua potable, a través de talleres in situ y extra situ en los barrios y comunidades que son zonas de acción del FONAG, así como en instituciones públicas y privadas que deseen mejorar el uso de este recurso.	Se elige este parámetro ya que al momento de preparar el caso optimizado, se eligieron una gran cantidad de medidas en cuanto a eficiencia hídrica. Además, el objetivo de esta subacción es que los usuarios de las edificaciones comprendan la importancia de este recurso y se responsabilicen de su consumo. Es importante fomentar su ahorro ya que nos beneficia a todos.

Tabla 31. Acciones y Subacciones del PACQ a 2030 Aplicadas en el Caso Optimizado.

Fuente: Elaboración Proia, 2023.

CASO OPTIMIZADO - ACCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO			
	Subacciones	Descripción	Selección y Sustento
INFRAESTRUCTURA PARA AUMENTAR RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO	Sistemas de Drenaje Urbano Sostenibles (SUDs)	Consiste de una respuesta hidrológica en las zonas urbanas para simular el flujo de escurrimiento superficial y procura ser parecida a su estado original. Se priorizarán áreas identificadas de alto riesgo y se espera que se puedan reducir y atenuar los volúmenes de escurrimiento, además reemplazar las medidas estructurales con elementos naturales, mejorar el paisaje y la permeabilidad.	Se elige este parámetro debido a que en la ciudad de Quito la mayor parte del año existen lluvias y muchas de ellas son fuertes. El objetivo es que el agua lluvia pueda escurrirse, que no se contamine para que pueda ser almacenada y reutilizada para fines secundarios como su reutilización en sistemas sanitarios o para el riego de jardines.

Tabla 32. Acciones y Subacciones del PACQ a 2030 Aplicadas en el Caso Optimizado.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

CASO OPTIMIZADO - ACCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO			
	Subacciones	Descripción	Selección y Sustento
MANEJO SOSTENIBLE DE LA TIERRA Y PROVISIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES	Esquema de Compensación de Huella de Carbono e Incentivos Financieros para Mantener y Aumentar el Stock de Carbono del DMQ	Plantea la implementación de un esquema de medición, reducción y compensación de huella de carbono para el sector empresarial, comercial y de servicios del DMQ. Esto permitirá a las empresas gestionar sus emisiones de GEI mediante proyectos para el manejo sostenible de la tierra. La compensación dentro de los límites de Quito tiene planeado establecer un balance para la huella de carbono generada y fijada.	Se elige este parámetro debido a que durante el proceso de diseño del caso optimizado siempre se buscó implementar materiales y estrategias que causen una reducción de la huella de carbono. El objetivo es que las edificaciones que se manejen con una medición, reducción y compensación de huella de carbono sean valoradas como referentes, de manera que el sector constructivo adopte estas medidas y que se convierta poco a poco en un sector más sostenible y ecoeficiente.

Tabla 33. Acciones y Subacciones del PACQ a 2030 Aplicadas en el Caso Optimizado.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

CASO OPTIMIZADO - ACCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO			
	Subacciones	Descripción	Selección y Sustento
DISTINCIÓN AMBIENTAL		<p>Consiste de un reconocimiento público que entrega la Secretaría de Ambiente del DMQ a la ciudadanía, proyectos, empresas, unidades educativas, universidades, entre otros, que implementan acciones climáticas voluntarias para reducir las huellas de carbono e hídrica. Para el fortalecimiento del proceso de reconocimiento, se incluirán la evaluación de indicadores cuantitativos de la huella de carbono e hídrica para evaluar a los participantes y determinar el impacto y los beneficios de sus acciones. De igual manera a largo plazo se establecerá un sistema de reporte de huella de carbono y un plan de manejo de reducción de emisiones por parte de las empresas.</p>	<p>Se elige este parámetro debido a que el caso optimizado, como se menciona anteriormente, busca ser un referente en cuanto a construcción y acciones que nos permitan llegar a la sostenibilidad y la ecoeficiencia. Actualmente la construcción es uno de los sectores más contaminantes y por ende debemos tomar acciones para que a futuro esta dinámica cambie. El objetivo es que el sector constructivo se vea motivado a obtener reconocimientos públicos por realizar acciones alineadas con estos criterios. Adicionalmente es importante que se evalúen los indicadores de huella hídrica y de carbono, de manera que podamos tomar acciones para mitigarlas.</p>

Tabla 34. Acciones y Subacciones del PACQ a 2030 Aplicadas en el Caso Optimizado.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

2.1.8. Listado de Alcances de Sostenibilidad para el Diseño de Edificios en Altura

Después de haber realizado un análisis tanto del Manual EDGE como del Plan de Acción Climático de Quito a 2030, se han encontrado varias medidas y acciones que se pueden aplicar al diseño de edificios en altura. Ambas herramientas poseen una gran cantidad de alcances de sostenibilidad que se pueden aplicar tanto a nivel de construcciones pequeñas, como grandes.

En el caso del Manual EDGE, por cada medida de eficiencia energética, eficiencia hídrica y eficiencia en la energía incorporada en materiales, existe un objetivo al que se aspira llegar. En el caso del Plan de Acción Climático de Quito sucede lo mismo, cada acción posee un objetivo que se busca lograr a costa del cumplimiento de las acciones y sus respectivas subacciones.

Después de investigar los objetivos que EDGE plantea en cuanto a la construcción sostenible, se pueden definir sus alcances de la siguiente manera:

- Demostrar una reducción de al menos 20% en las proyecciones del consumo energético, hídrico y de carbono embebido en los materiales frente a las prácticas habituales locales.
- Mejorar el rendimiento de las edificaciones para: disminuir los costos de los servicios básicos, incrementar la vida útil del equipamiento y finalmente atenuar la presión sobre la extracción y uso de los recursos naturales.

Finalmente, después de investigar los objetivos que el PACQ a 2030 plantea en cuanto a la construcción sostenible, se busca impulsar acciones y políticas respecto del cambio climático, con una perspectiva climática neutral

para el Distrito Metropolitano de Quito al 2050. Por ellos, sus alcances se pueden definir de la siguiente manera:

- 100% de las edificaciones comerciales y residenciales, ya sean existentes o nuevas, emplearán mecanismos eficientes de iluminación.
- 100% de las nuevas edificaciones residenciales usarán tecnologías eficientes en el equipamiento.
- 60% de las edificaciones residenciales nuevas emplearán mecanismos eficientes para el calentamiento de agua.
- Se aumentará a 15% el uso de la energía solar en el Distrito Metropolitano de Quito.
- Se reciclará el 80% de residuos reciclables, tales como el plástico y el papel.
- Se aprovechará el 80% de los residuos orgánicos mediante procesos de compostaje y recuperación de alimentos.

2.1.9. Análisis y Comparación de Casos

2.1.9.1. Análisis del Caso Base

Dentro del software EDGE no es necesario ingresar datos de un caso base, puesto que, gracias a la tecnología que este posee, el caso es generado automáticamente según los datos ingresados anteriormente por investigadores que trabajan con la página. Sin embargo, existen algunos datos que debemos ingresar manualmente para que el software genere el caso base y pueda calcular cada una de las medidas de eficiencia a ser evaluadas.

Algunos de los datos que debemos ingresar son: el área interna bruta del proyecto, la cantidad de pisos en altura y pisos subterráneos, el área de terraza, la cantidad de

áreas funcionales en conjunto con su desglose de superficies y áreas, la superficie de fachadas expuestas al exterior, el uso de sistemas de calefacción y ventilación, y finalmente, los datos climáticos de la ciudad desglosados en meses.

A continuación, se llevará a cabo un estudio del funcionamiento normal de un caso base en la ciudad de Quito. Para esto se tomarán en cuenta los consumos energéticos, hídricos y de energía en los materiales, que son los 3 tipos de eficiencias que calcula el software. Se mostrarán los datos obtenidos del software en gráficos donde podremos observar a detalle la manera en la que los materiales, la energía y el agua se distribuyen en los diferentes usos de la edificación.

- **Análisis del consumo energético del caso base**

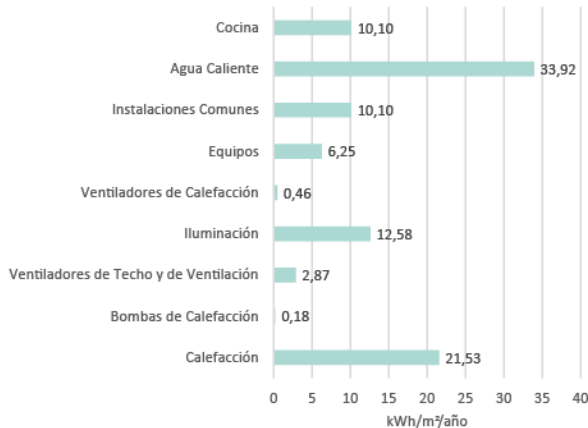


Figura 46. Consumo Energético de los Elementos de la Edificación - Caso Base.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

El caso base posee un consumo energético alto en cuanto

al agua caliente y al sistema de calefacción, porque en el software se asume el uso de un sistema eléctrico para toda la edificación en ambos casos. La iluminación es relativamente alta en cuanto a los demás elementos debido a que se asume el uso de focos comunes, además, no se aplican las medidas de dispositivos de control de iluminación.

Los elementos que generan una de las menores cantidades de consumo energético son los electrodomésticos que están bajo el nombre de equipos, que de igual manera es un valor que el software asume automáticamente. Además, tenemos la refrigeración y la ventilación que tampoco se eligieron para el edificio, pero que igualmente son consideradas.

- **Análisis de la eficiencia hídrica del caso base**

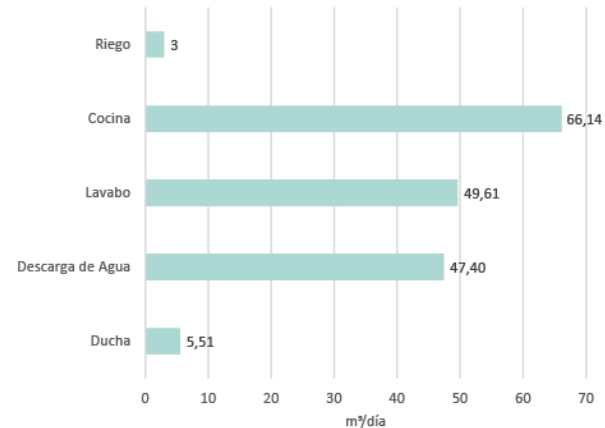


Figura 47. Consumo Hídrico de los Elementos de la Edificación - Caso Base.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

En cuanto al consumo del recurso hídrico, en el caso

base se evidencia que la mayor parte se ocupa en la cocina, lavabos y descarga de agua, lo que proviene de los elementos sanitarios y grifería común. El software entiende que en este caso se hace uso de elementos que no poseen ni aireadores en la grifería, ni doble descarga en el caso de los sanitarios, por ende, el consumo hídrico es bastante elevado.

Adicionalmente, en el caso base no se contempla el uso de sistemas de recolección de aguas lluvias ni de tratamiento y reciclaje de aguas residuales, que son sistemas que contribuyen a que la carga del sistema de agua potable disminuya, permitiendo el uso de las aguas tratadas para los elementos como sanitarios, o para riego. Por ello es que el consumo de agua de estos elementos también es alto.

- ### • Análisis de la energía incorporada en los materiales del caso base

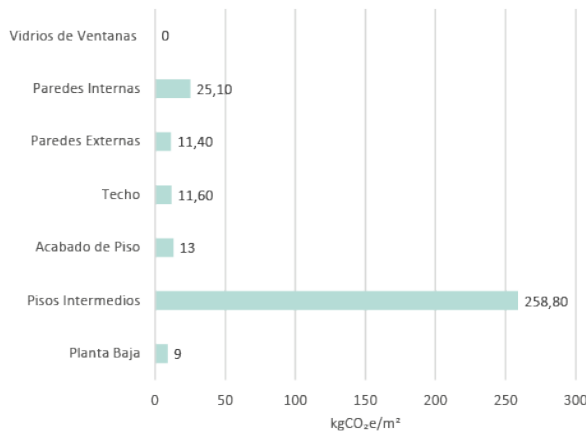


Figura 48. Consumo de la Energía Incorporada en Materiales de los Elementos de la Edificación – Caso Base.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

La edificación en altura en el Ecuador se apoya predominantemente en estructuras de hormigón armado, con mamposterías exteriores de bloque y acabados de albañilería, los cuales son sistemas constructivos que presentan elevados niveles de energía incorporada especialmente en la fabricación de los materiales. Tomando en cuenta que el caso base ha sido desarrollado considerando dichas tipologías, es posible apreciar que los niveles obtenidos en el presente gráfico corresponden a una elevada cantidad de energía incorporada.

2.1.10. Análisis del Caso Optimizado

Para generar el caso optimizado, a diferencia del caso base, fue necesaria una investigación a detalle del Manual EDGE 3.0, donde se describen las tres eficiencias con las que trabaja EDGE y sus respectivas medidas para lograr la sostenibilidad en la construcción. Para obtener la información de este caso en el software, aparte de colocar la información base del diseño del edificio en altura, fue necesario el cálculo de algunas medidas, la investigación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción de Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales (NEC-HS-EE) y la investigación de fichas técnicas de los elementos a utilizarse en la edificación.

Al igual que en el análisis del caso base, para el caso optimizado se tomaron en cuenta los consumo energéticos, hídricos y de energía en los materiales, que son los 3 tipos de eficiencias que calcula el software. Cada medida aplicada en el caso optimizado fue elegida minuciosamente y tomando en cuenta las condiciones geográficas que posee la ciudad de Quito, su altitud, latitud y las características del piso climático.

- **Análisis del consumo energético del caso optimizado**

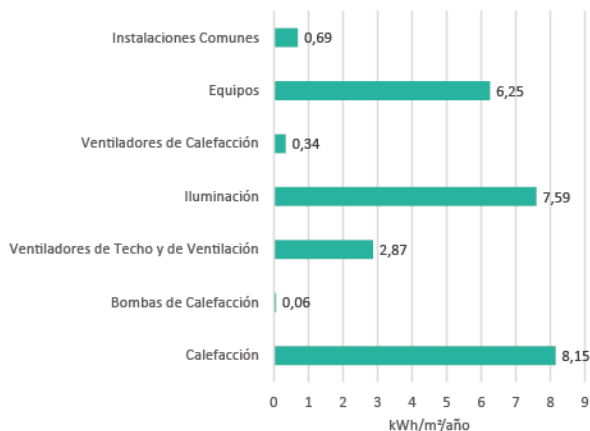


Figura 49. Consumo Energético de los Elementos de la Edificación – Caso Optimizado.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

El consumo energético del caso optimizado es notoriamente menor que el del caso base, y esto se debe a una serie de medidas que se utilizaron para generar este ahorro. En primer lugar, el agua caliente se ve afectada debido a que en este caso se integra un sistema que utiliza un 50% de energía solar y otro 50% de bombas de calor, por ende, ya no se requiere el uso calefones.

A continuación, el consumo de energía en cuanto a la iluminación de igual manera se reduce, debido a que se integran sistemas de iluminación eficiente tanto para interiores como para exteriores, además de controles de iluminación, que reducen el uso de luz en lugares que no se están ocupando. Finalmente, la calefacción se ve altamente reducida debido al uso de la medida de techo reflectante, la eficiencia del vidrio, los dispositivos de control solar externos, y finalmente, el aislamiento en

diferentes elementos de la edificación como: techos, losas y paredes exteriores.

- **Análisis de la eficiencia hídrica del caso optimizado**

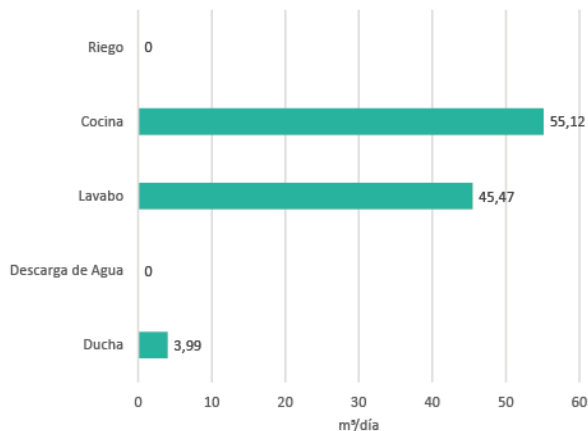


Figura 50. Consumo Hídrico de los Elementos de la Edificación – Caso Optimizado.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

En el caso optimizado el ahorro de agua es notorio, ya que se integran sistemas de recolección de aguas lluvias y sistemas de tratamiento, sistemas de riego de jardines y sistemas de reciclaje de aguas residuales. En este sentido, ambos sistemas contribuyen al riego, y el de tratamiento y reciclaje contribuye al sistema de descarga de agua, generando menos carga en el sistema de agua potable.

Por otro lado, el ahorro en la cocina, los lavabos y la ducha se genera mediante el uso de cabezales y grifos que permiten el ahorro de agua mediante aireadores o sistemas automatizados. En este caso de investigación en específico, al existir tantos espacios que requieren de siste-

mas de grifería, es importante considerar el uso de estos elementos para generar la mayor cantidad de ahorro de agua, y al mismo tiempo, para concientizar a los usuarios de la importancia de ahorrar el recurso, así como para generar un ahorro económico.

- **Análisis de la energía incorporada en los materiales del caso optimizado**

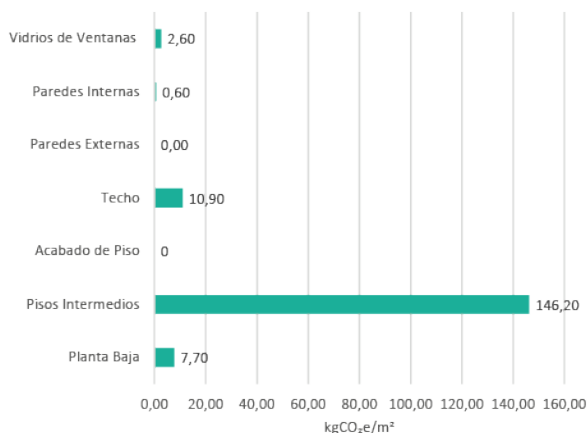


Figura 51. Consumo de la Energía Incorporada en Materiales de los Elementos de la Edificación – Caso Optimizado.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

En cuanto a los materiales utilizados para el diseño del caso optimizado, el 100% de estos han sido seleccionados de las opciones que nos proporciona el Manual EDGE, y se ha verificado que puedan ser encontrados en la ciudad de Quito para evitar la generación de emisiones y un alza en los costos.

En el caso de las paredes internas, la energía incorporada se ve altamente reducida debido a que en un caso base se utilizaría hormigón para su construcción, sin embar-

go, en el caso optimizado se propone el uso de paneles de yeso sobre montantes metálicas. A continuación, en cuanto a paredes externas, el consumo de energía incorporada es de 0 debido a dos razones: la primera es que la fachada del edificio es 100% vidriada, y la segunda es porque los pocos elementos opacos se han diseñado con bloques de concreto huecos de peso medio.

El acabado de piso también se ve reducido a 0 debido a que, en lugar de una baldosa común, se propone el uso de baldosas de terrazo, que son fabricadas con elementos reciclados. Finalmente, en cuanto a los pisos intermedios y la planta baja del caso optimizado, se propone el uso de concreto en obra con más de un 25% de escoria granulada molida de alto horno (GGBS), que de igual manera se produce con materiales reciclados.

2.1.11. Comparación de Casos

- **Comparación del consumo energético en ambos casos**

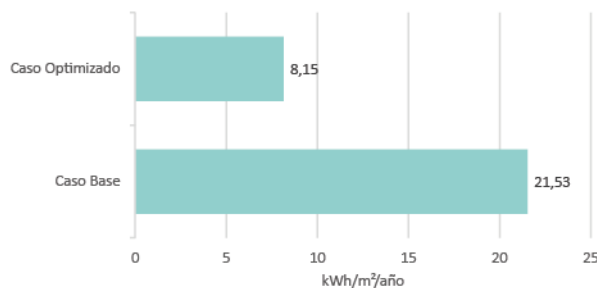


Figura 52. Consumo Energético en la Calefacción de Ambos Casos.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

Según el software EDGE, la calefacción cuenta como un consumo energético virtual, que es la cantidad de energía necesaria en caso de que en algún punto se instalaría un sistema de aire acondicionado o calefacción. En este sentido la calefacción en una edificación en altura en Quito podría ser de 21,53 kWh/m²/año, pero el caso optimizado nos permite un ahorro de 13.38 kWh/m²/año, consumiendo únicamente 8,15 kWh/m²/año.

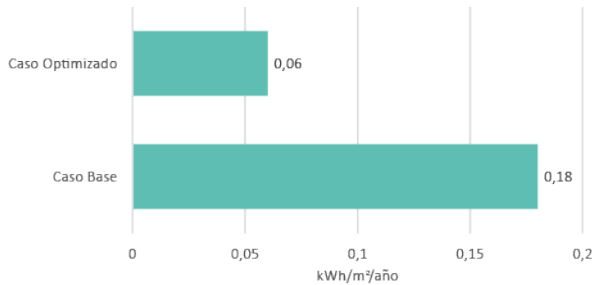


Figura 53. Consumo Energético en las Bombas de Calefacción de Ambos Casos.

Fuente: Elaboración Propia, basado en EDGE APP, 2024.

Las bombas de calefacción son aquellas que se encargan de mover el aire caliente por todo el circuito de la edificación y dentro del software EDGE también cuentan como un consumo energético virtual. En el gráfico podemos observar que, si el caso base utilizaría uno de estos sistemas, este valor sería de 0,18 kWh/m²/año que vendría a ser alto en comparación al caso optimizado, que es de 0,06 kWh/m²/año. En total, el ahorro que nos proporciona la optimización es de 0.12 kWh/m²/año.

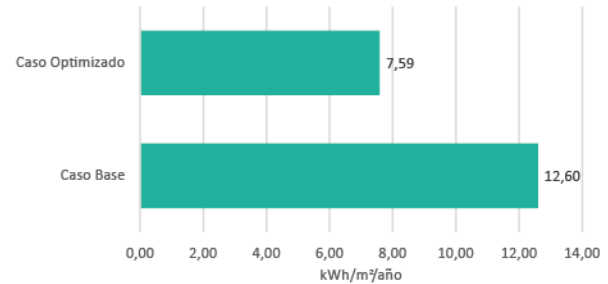


Figura 54. Consumo Energético en la Iluminación de Ambos Casos.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

En relación a la iluminación, en el caso base se asume que los focos son comunes y que no existe ningún tipo de sistema ahorrador, por ende, el total de consumo es de 12,60 kWh/m²/año. En el caso optimizado se propone el uso de focos ahorradores y sistemas de control de iluminación, por ende, podemos observar que el consumo es de 7,59 kWh/m²/año. El total de ahorro que nos proporcionan las medidas del caso optimizado es de 5.01 kWh/m²/año.

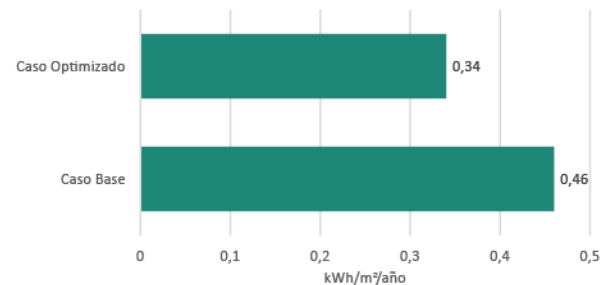


Figura 55. Consumo Energético en los Ventiladores de Calefacción de Ambos Casos.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

Los ventiladores de calefacción son pequeños aparatos

que proporcionan un flujo rápido de aire caliente y dentro del software EDGE también cuentan como un consumo energético virtual. En el gráfico podemos observar que si el caso base utilizaría uno de estos aparatos, el consumo sería de 0,46 kWh/m²/año, y en el caso optimizado sería de 0,34 kWh/m²/año, este pequeño ahorro de 0,12 kWh/m²/año se produce por el uso de aislamiento térmico en el caso optimizado.

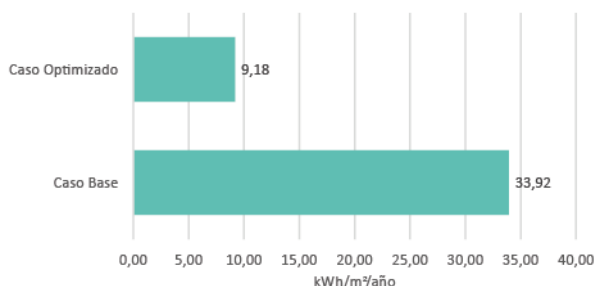


Figura 56. Consumo Energético en el Agua Caliente de Ambos Casos.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

En cuanto al agua caliente, en el caso base se asume el uso de calentadores eléctricos por el gran abastecimiento que requiere la edificación, y por ello el consumo es de 33,92 kWh/m²/año. Para el caso optimizado se propone el uso de un sistema de agua caliente que utiliza un 50% de energía solar y un 50% de bomba de calor, por ende, el consumo total es de 9,18 kWh/m²/año. El ahorro es de 24,74 kWh/m²/año.

- **Comparación del consumo hídrico en ambos casos**

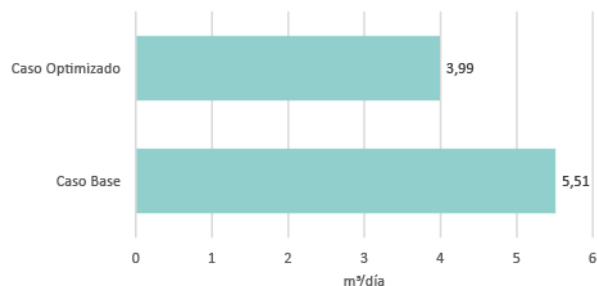


Figura 57. Consumo Hídrico en las Duchas de Ambos Casos.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

En cuanto a las duchas, el caso base asume la incorporación de cabezales normales, y en el caso optimizado se propone el uso de cabezales ahorradores con aireadores. Este pequeño cambio llega a ser significativo ya que en el caso base el resultado de consumo es de 5,51 m³/día, mientras que en el caso optimizado es de 3,99 m³/día. Esto le genera a la edificación un ahorro de agua de 1,52 m³/día.

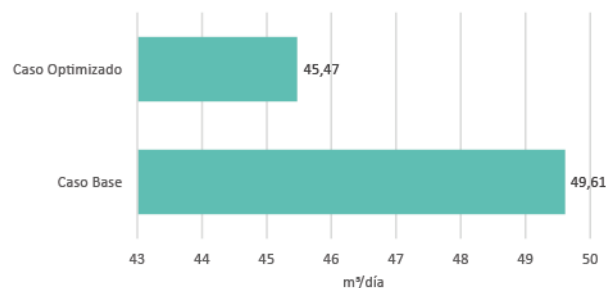


Figura 58. Consumo Hídrico en los Lavabos de Ambos Casos.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

Al igual que las duchas, en los lavabos del caso base se asume el uso de elementos de grifería normales, mientras que en el caso optimizado se propone el uso de grifería ahorradora con aireadores. En el caso base se produce un consumo de 49,61 m³/día, mientras que, en el caso optimizado, por el cambio que se realiza el consumo es de 45,47 m³/día. El ahorro que se produce es de 4,14 m³/día.

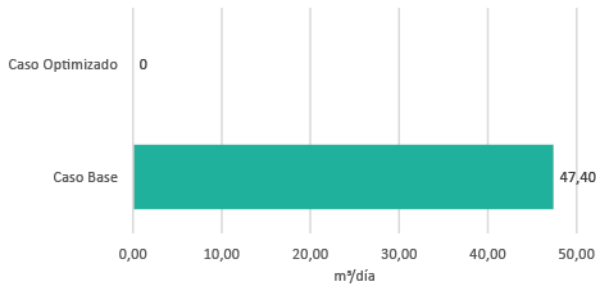


Figura 59. Consumo Hídrico en las Descargas de Agua de Ambos Casos.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

En cuanto a las descargas de agua, estas se producen únicamente de los aparatos sanitarios. En el caso base se asume el uso de sanitarios normales, por ende, se produce un consumo de agua de 47,40 m³/día. Sin embargo, en el caso optimizado no solo se propone el uso de sanitarios ahorradores, sino que también se prevé un sistema de tratamiento y reciclaje de aguas residuales que causa que las descargas se almacenen y no se desperdicie agua. Es por ello que el caso optimizado da un resultado de 0 m³/día.

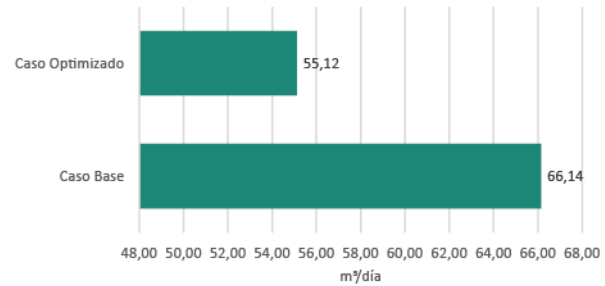


Figura 60. Consumo Hídrico en las Cocinas de Ambos Casos.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

En las cocinas del caso base se hace uso de grifería común, al igual que con las duchas y lavabos, produciendo un consumo de 66,14 m³/día. Mientras que en el caso optimizado, al igual que para las anteriores medidas, se hace uso de grifería ahorradora con aireadores, que genera un consumo de 55,12 m³/día. El ahorro total con este cambio es de 11,02 m³/día.

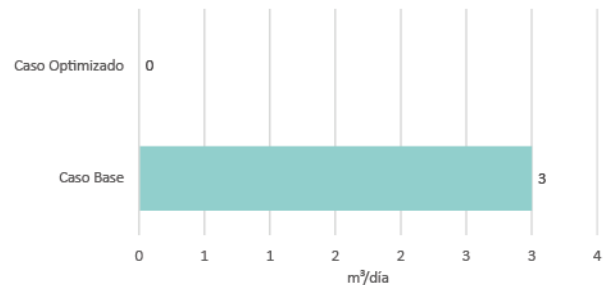


Figura 61. Consumo Hídrico en el Riego de Ambos Casos.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

En el caso base se asume que el riego es realizado mediante el consumo de agua potable, por ende, se estima que el total es de 3 m³/día para su uso. Sin embargo, en el caso optimizado se propone el sistema de recolección

de aguas lluvias y el sistema de tratamiento y reciclaje de aguas residuales. Estos sistemas nos permiten reutilizar el agua para esta actividad.

- **Comparación de la energía incorporada en los materiales en ambos casos**

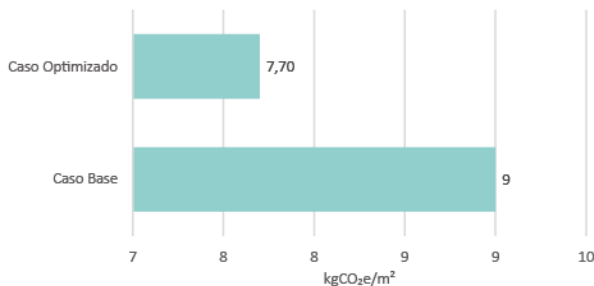


Figura 62. Consumo de Energía en los Materiales de la Planta Baja en Ambos Casos.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

En cuanto al levantamiento de la planta baja, en el caso base se plantea una losa convencional reforzada in situ que produce un total de 9 kgCO₂e/m². En cuanto al caso optimizado, se propuso que esta se construya con una losa armada en sitio con más de un 25% de escoria de alto horno granulada molida, que produce un total de 7,70 kgCO₂e/m². Esta mejora nos produce un ahorro de energía de 1,3 kgCO₂e/m².

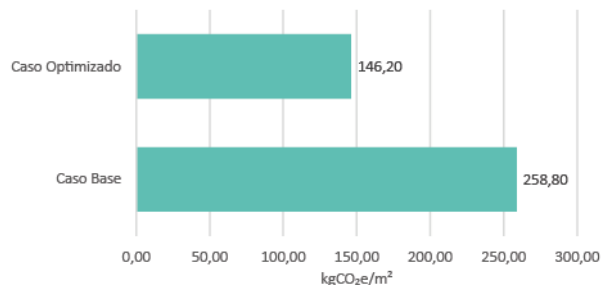


Figura 63. Consumo de Energía en los Materiales de los Pisos Intermedios en Ambos Casos.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

Para la construcción de los pisos intermedios, en el caso base se plantea una losa convencional reforzada in situ que produce un total de 258,80 kgCO₂e/m². En cuanto al caso optimizado, se propuso que estos se construyan con una losa armada en sitio con más de un 25% de escoria de alto horno granulada molida, que produce un total de 146,20 kgCO₂e/m². Esta mejora nos produce un ahorro de energía de 112,60 kgCO₂e/m².

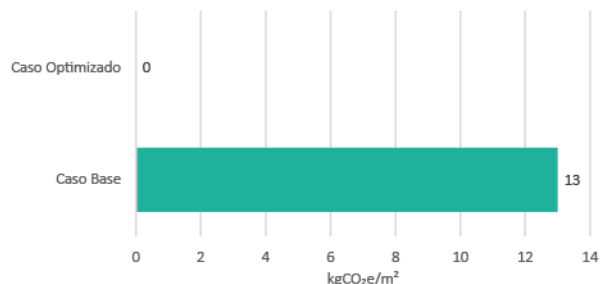


Figura 64. Consumo de Energía en los Materiales del Acabado de Piso en Ambos Casos.

Fuente: Elaboración Propia, basado en EDGE APP, 2024.

El caso base emplea baldosas de cerámica tradicionales para los acabados de piso, esto genera una energía de 13 kgCO₂e/m², mientras que para el caso optimizado se propone el uso de baldosas de terrazo, que es una baldosa fabricada con materiales reciclados. Gracias a este reemplazo se genera un total de 0 kgCO₂e/m². Y por ende se da un ahorro del 100% de este material, que además se pretende que sea utilizado para los acabados de piso de la mayor parte de espacios en la edificación.

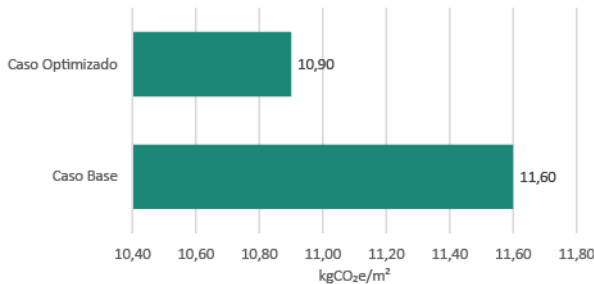


Figura 65. Consumo de Energía en los Materiales del Techo en Ambos Casos.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

Para la construcción del techo, en el caso base se plantea una losa convencional reforzada en obra que produce un total de 11,60 kgCO₂e/m². En cuanto al caso optimizado, se propuso que este se construya con una losa armada en sitio con más de un 25% de escoria de alto horno granulada molida, que produce un total de 10,90 kgCO₂e/m². Esta mejora nos produce un ahorro de energía de 0,70 kgCO₂e/m².

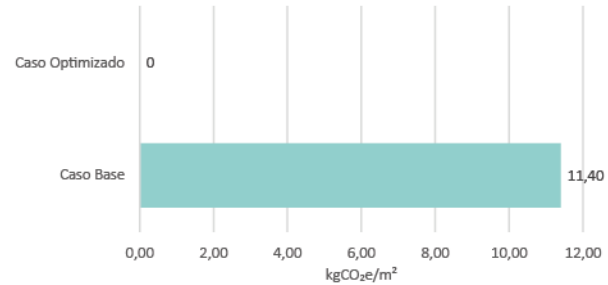


Figura 66. Consumo de Energía en los Materiales de las Paredes Externas en Ambos Casos.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

Las paredes exteriores del caso base se toman en cuenta como paredes de ladrillo macizo enlucidas y estucadas. Sin embargo, para el caso optimizado se propuso el uso de ladrillos huecos de peso medio. En este sentido el caso base nos da un valor de 11,40 kgCO₂e/m² y el caso optimizado un total de 0 kgCO₂e/m². El ahorro de energía de este material en las paredes externas es del 100%.

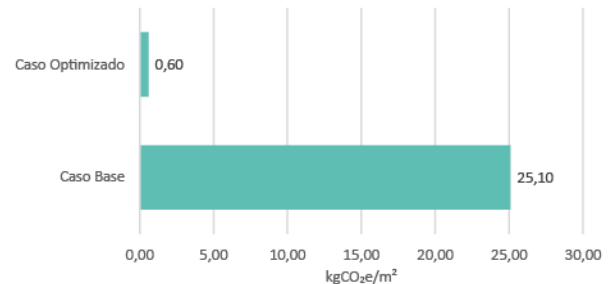


Figura 67. Consumo de Energía en los Materiales de las Paredes Internas en Ambos Casos.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

Las paredes interiores del caso base, al igual que las exteriores, se toman en cuenta como paredes de ladrillo macizo enlucidas y estucadas. Sin embargo, para el caso

optimizado se propuso el uso de placas de yeso sobre montantes metálicos. En este sentido el caso base nos da un valor de 25,10 kgCO₂e/m² y el caso optimizado un total de 0,60 kgCO₂e/m². El ahorro de energía de este material en las paredes internas es de 24,50 kgCO₂e/m².

2.1.12. Gráficos Comparativos con Resultados de Consumo Energético, Eficiencia Hídrica y Energía Incorporada en los Materiales

• Consumo Energético

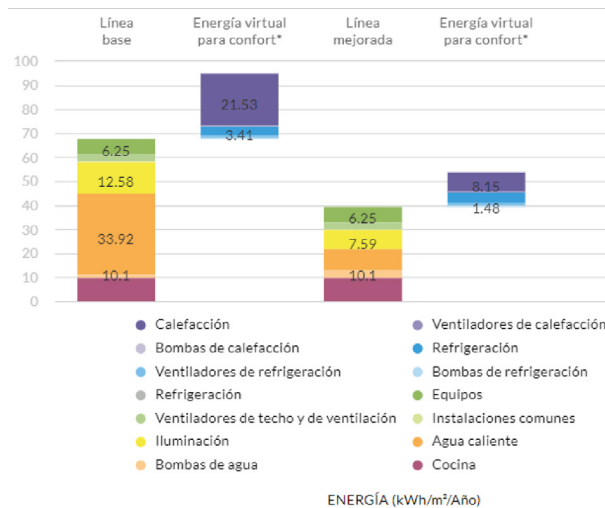


Figura 68. Resultados Finales del Consumo Energético en kWh/m²/año.

Fuente: EDGE APP, 2024.

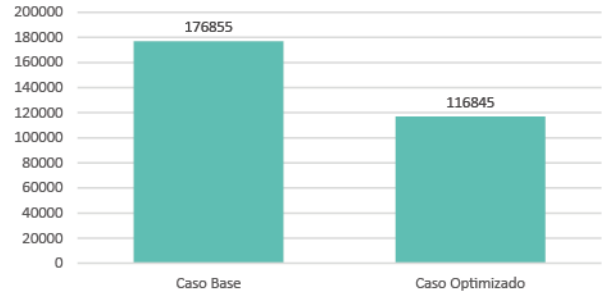


Figura 69. Comparación entre Casos de los Resultados Finales del Consumo Energético en kWh/mes.

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

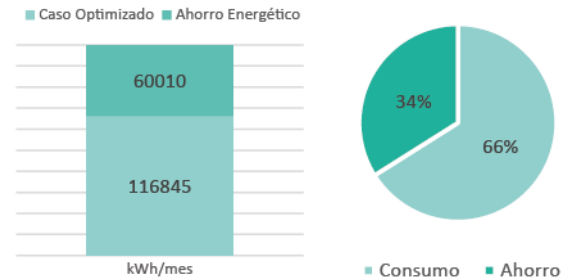


Figura 70. Porcentaje de Ahorro Energético Producido por el Caso Optimizado en kWh/mes.

Fuente: Elaboración Propia, 2024.

Según el software EDGE, el consumo final de energía del edificio en altura sostenible sería de 112.518 kWh/mes, mientras que el caso base estaría consumiendo un total de 176.855 kWh/mes. Esto supone un ahorro de 64.337 kWh/mes, que en porcentaje significa un 33,93% de optimización.

Consumo Hídrico

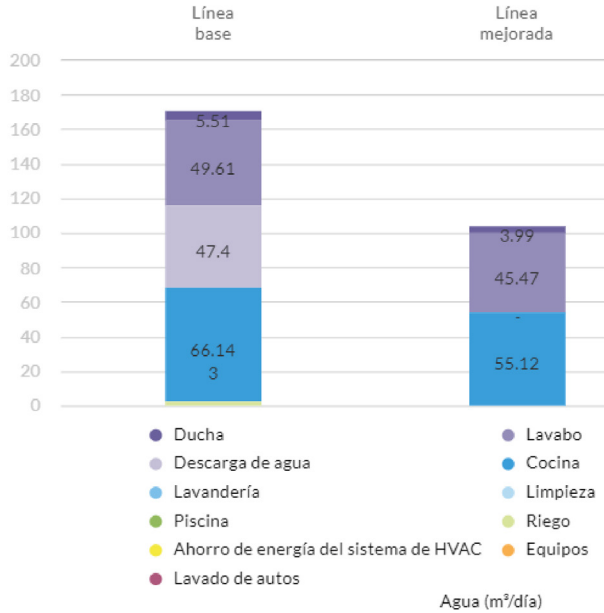


Figura 71. Resultados Finales del Consumo Hídrico en m³/día.

Fuente: EDGE APP, 2024.

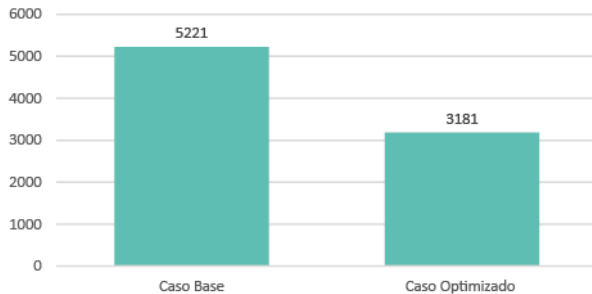


Figura 72. Comparación entre Casos de los Resultados Finales del Consumo Hídrico en m³/mes.

Fuente: Elaboración Propia, basado en EDGE APP, 2024.

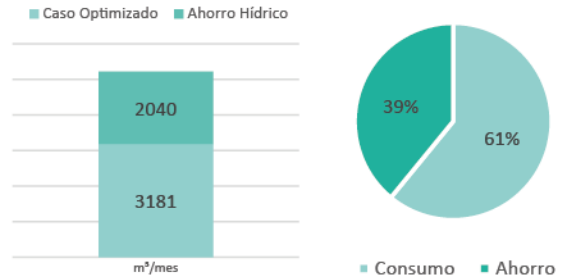


Figura 73. Porcentaje de Ahorro Hídrico Producido por el Caso Optimizado en m³/mes.

Fuente: Elaboración Propia, 2024.

De acuerdo con el software EDGE, el consumo final de agua del edificio en altura sostenible sería de 5.221 m³/mes, mientras que el caso base estaría consumiendo un total de 3.181 m³/mes. Esto supone un ahorro de 2.040 m³/mes, que en porcentaje significa un 39,07% de optimización.

Carbono Incorporado Final

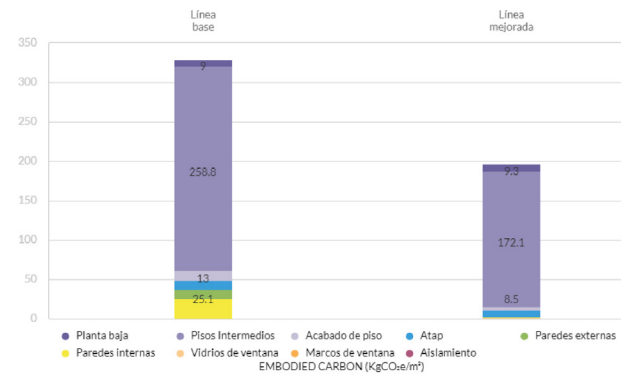


Figura 74. Resultados Finales del Carbono Incorporado en kgCO₂e/m².

Fuente: EDGE APP, 2024.

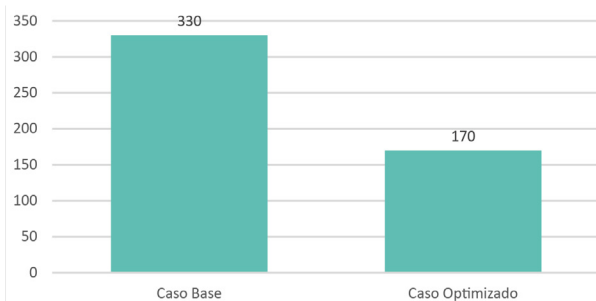


Figura 75. Comparación entre Casos de los Resultados Finales del Carbono Incorporado en kgCO₂e/m².

Fuente: Elaboración propia, basado en EDGE APP, 2024.

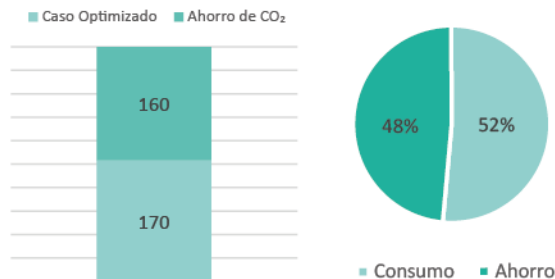


Figura 76. Porcentaje de Ahorro de Carbono Incorporado Producido por el Caso Optimizado en kgCO₂e/m².

Fuente: Elaboración Propia, 2024.

De acuerdo con el software EDGE, el consumo final de carbono incorporado del edificio en altura sostenible sería de 170 kgCO₂e/m², mientras que el caso base estaría consumiendo un total de 330 kgCO₂e/m². Esto supone un ahorro de 160 kgCO₂e/m², que en porcentaje significa un 48,48% de optimización.

En total, el Manual EDGE ofrece 66 medidas de eficiencia energética, hídrica y de carbono embebido en los materiales. Para el caso optimizado, se han utilizado un total de 28 medidas. De esta manera obtenemos un prototipo

de edificio en altura sostenible que servirá como futura referencia para implementar sus estrategias en la edificación en la ciudad de Quito.

Gracias a todas estas medidas aplicadas en el prototipo de edificación sostenible, podemos concluir que un caso base en la ciudad posee un 0% de ahorro energético, hídrico y de energía incorporada en los materiales; y con el caso optimizado se ha logrado un ahorro de: 42,87% en energía, 39,08% en agua y 49% en materiales. Para cumplir con el Manual EDGE, se debe demostrar que existe un 20% de ahorro en cada medida, en comparación con las prácticas locales. Por ende, se concluye que la edificación cumple, y por lo tanto, se considera sostenible de acuerdo a su contexto.

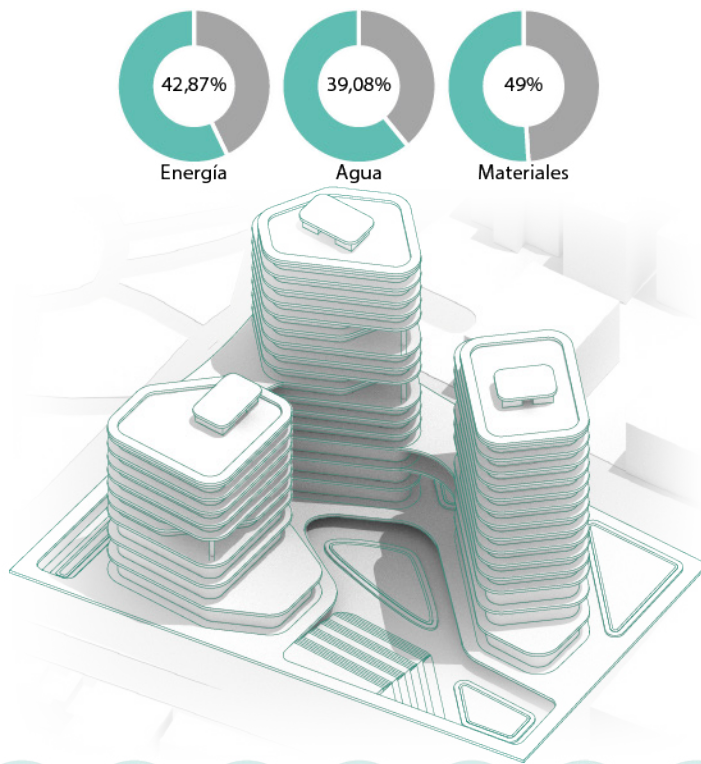


Figura 77. Optimización Energética, Hídrica y de Energía en Materiales según las Medidas de Eficiencia Adoptadas en el Caso Optimizado.

Fuente: Elaboración Propia, 2024.

ETAPA 3
Difusión de Resultados



Difusión de Resultados

3.1 Lineamientos para el Diseño de Edificios Sostenibles en Altura para la Ciudad de Quito

Una vez obtenidos los resultados de eficiencia del caso optimizado, podemos observar que varias de las medidas adoptadas funcionarían de manera correcta y eficiente en una edificación en Quito. Por ende, a continuación se desarrollarán los lineamientos de acuerdo a las necesidades de diseño de una edificación, al igual que las necesidades medioambientales.

En el desarrollo de los lineamientos no se han propuesto materiales en específico debido a que estos deben ser elegidos por las personas encargadas del proyecto. La mayoría de los materiales que existen en el mercado poseen fichas técnicas que nos pueden proporcionar toda la información necesaria para determinar qué tan sostenibles son. Es fundamental realizar esta investigación para tomar las decisiones más acertadas durante la etapa de diseño de las edificaciones.

1. Fachadas Eficientes:

Para el diseño de fachadas se debe tomar en cuenta una relación media entre la ventana y la pared, aproximadamente un 30% debe ser superficie vidriada y el 70% restante debe ser superficie opaca. De esta forma, se aprovechará al máximo la iluminación natural y se reducirá la transferencia de energía calórica indeseada. Adicionalmente, se deben elegir materiales como marcos y vidrios para ventanas que sean energéticamente eficientes y que contribuyan al equilibrio antes mencionado.

2. Eficiencia en Paredes Interiores y Exteriores:

En la edificación, las paredes exteriores deben ser reflectantes, de modo que disipen la radiación solar y reduzcan la carga de los sistemas de aire acondicionado. Un valor de índice de reflectancia solar (SRI) entre 15% y 50% sería lo adecuado según las condiciones climáticas de la ciudad. Por otro lado, las paredes interiores y exteriores, además de contar con una baja energía incorporada y una alta resistencia, debe emplear un aislamiento con un valor U inferior a $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$. Esto indica que el material posee un mejor rendimiento, de esta manera brindarán confort térmico a los espacios interiores.

3. Eficiencia de Cubiertas:

En el caso de las cubiertas, al igual que las paredes exteriores, es importante que se refleje la radiación solar para disminuir la carga de los sistemas de aire acondicionado. Sin embargo, las cubiertas se ven mucho más afectadas debido a las condiciones de radiación directa que se presentan en el Quito al estar situado en el ecuador terrestre. Adicionalmente, se debe utilizar un aislamiento con un valor U inferior a $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$. Esto indica que el material posee un mejor rendimiento y por ende podrá brindar confort térmico a los espacios interiores. Para las cubiertas, un valor de índice de reflectancia solar (SRI) entre 50% y 100% sería lo adecuado según las condiciones climáticas de la ciudad y la radiación directa recibida. Finalmente, en cuanto a los materiales, tanto el aislamiento como la construcción de la cubierta, deben poseer una baja energía incorporada.

4. Dispositivos de Control Solar Externos:

Utilizar estos artefactos es fundamental para reducir ganancias de calor y proteger los elementos vidriados de la radiación solar, mejorando así el confort térmico y la eficiencia energética de los interiores. Estos deben ser utilizados en las fachadas más desfavorables de la edificación, deben dimensionarse adecuadamente según las superficies vidriadas y el material del dispositivo debe ser resistente a las condiciones exteriores y de mantenimiento reducido. Estos elementos pueden poseer diferentes tipos de sombreado, por ende, se recomienda realizar un estudio de asoleamiento en la etapa de diseño del proyecto.

5. Eficiencia del Piso:

Los pisos de la edificación deben emplear un aislamiento con un valor U inferior a $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$, ya que este indica que el material posee un mejor rendimiento. De esta manera se generará un óptimo confort térmico en los espacios interiores. Adicionalmente, este material, en conjunto con aquellos elegidos para la construcción y acabados de pisos deben ser energéticamente eficientes para aportar con la disminución de la huella de carbono.

6. Ventilación Natural:

En un edificio en altura como el del caso de análisis y para los que está enfocada la presente investigación, los espacios más importantes que requieren ventilación natural son: dormitorios, cocinas, salas, pasillos, habitaciones de huéspedes, áreas comunes, oficinas, vestíbulos, etc. Si un espacio posee un mecanismo de aire acondicionado, este debe tener un sistema de apagado automático que identifique cuando el lugar está ventilándose de manera natural.

7. Sistema de Refrigeración Eficiente:

Al momento de diseñar la edificación en altura, se debe valorar si esta va a necesitar o no un sistema de aire acondicionado y qué tipo de sistema se va a implementar. Esto se debe realizar previo a la construcción ya que se genera un ahorro de dinero y de energía a largo plazo. Una vez elegido el sistema a utilizarse, se debe evaluar su COP (coeficiente de rendimiento), ya que al tener un valor COP alto, el sistema se considera energéticamente eficiente.

8. Ventilación Controlada:

Los sistemas de ventilación controlada mediante sensores de CO_2 y sensores de monóxido de carbono deben abarcar al menos un 50% de superficie de piso de la edificación. Estos sistemas permiten disminuir la cantidad de gases de efecto invernadero en los espacios para generar una mejor calidad de aire. Su uso obviamente requiere energía eléctrica, sin embargo, si estos se instalan en dichos espacios y mejoran la calidad ambiental, reducen el impacto medioambiental.

9. Iluminación Eficiente y Medidores Inteligentes:

En la edificación, tanto los espacios interiores como exteriores deben hacer uso de focos de bajo consumo energético. A su vez, se deben instalar controles de iluminación para espacios como: pasillos, áreas comunes, escaleras, áreas exteriores, baños públicos y lugares con acceso a iluminación natural. De igual manera, la incorporación de medidores inteligentes de energía nos permitirá contribuir a la reducción del consumo energético.

10. Energía Renovable en el Proyecto:

El proyecto debe ser capaz de generar su propia energía renovable para el consumo de usuarios y sistemas de la edificación, de esta manera el consumo del suministro municipal se reducirá. En el caso de la ciudad de Quito, la radiación solar es alta durante varias horas del día y meses al año, por ende, el uso de paneles solares es la opción más óptima, dado que puede ayudarnos a lograr una eficiencia mucho mayor a otros sistemas. Se sugiere que la edificación emplee mecanismos de calentamiento de agua eficientes, aumentando al 15% el uso de energía solar y que se mantenga sobre 90% la energía proveniente de fuentes renovables.

11. Instalaciones Hidrosanitarias Eficientes:

Los elementos hidrosanitarios de la edificación, tanto de uso público como privado, deben mantener un consumo eficiente de agua, con valores aproximados de: 1) 14 litros por día en el caso de los cabezales de ducha, 2) 2 litros por minuto en los grifos para baño, 3) 4 litros por uso en inodoros, y 4) 29 litros por comida en los grifos de cocina. En concordancia, se requiere la instalación de medidores de agua inteligentes, logrando contribuir a la generación de un consumo hídrico responsable. De esta manera se busca la reposición de la huella hídrica y la reducción del consumo de este recurso.

12. Soluciones de Drenaje Eficiente:

El uso de los sistemas de recolección de aguas lluvias y de tratamiento y reciclaje de aguas residuales es fundamental. Con el objetivo de cumplir esta medida, el agua recogida o tratada y reciclada, debe ser utilizada dentro del proyecto para diversas actividades. El objetivo es la reposición de la huella hídrica, disminuir el uso de agua

potable y crear sistemas de drenaje urbano sostenibles para evitar inundaciones.

13. Cubiertas y Fachadas Vegetadas:

La aplicación de cubiertas vegetadas debe tenerse en cuenta desde la etapa de diseño, esto debido a las cargas que ejercen dichos elementos en la estructura de la edificación. Se recomienda que en la etapa de proyectos se seleccione la tipología de infraestructura verde que se va a utilizar en base al aprovechamiento de los servicios ecosistémicos, por ejemplo: la recirculación de agua, el acondicionamiento térmico y acústico, y la mejora de calidad de vida del usuario y de la biodiversidad del entorno. También se sugiere la aplicación de paredes vegetadas debido a su auge en las prácticas constructivas internacionales. Para edificios en altura se recomienda analizar las normativas de otras ciudades, en las que se contempla la relación entre el porcentaje de cobertura vegetal y el área de cubierta que posee la edificación.

14. Espacios Públicos Resilientes:

Los espacios públicos de la edificación deben ser resilientes tanto a olas de calor como a las fuertes precipitaciones. Para lograr esto, se propone el uso de un pavimento permeable que permita el escurrimiento del agua, por otro lado, se debe considerar el uso árboles nativos que brinden sombra y vegetación de igual manera nativa, que absorba el agua y no permita la inundación de estos espacios. Estas áreas deben garantizar seguridad y bienestar para sus usuarios y minimizar los daños materiales y ambientales a los que pueden estar sujetos en condiciones adversas. Deben contar con una adecuado

diseño, planificación y uso de tecnología, de modo que respondan a las necesidades sociales y ambientales.

15. Divulgación y Reconocimiento:

Todas las edificaciones que trabajen encaminadas en la sostenibilidad están sujetas a recibir un reconocimiento público, mismo que premie su ecoeficiencia y su aporte para combatir la crisis climática. Mediante el uso de esta medida, se pretende que todo aquel que presente proyectos tenga la oportunidad de diseñar utilizando medidas ecoeficientes para aportar positivamente al planeta, y que al mismo tiempo, se le retribuya por medio de financiamiento para dicha obra, premios municipales e incentivos gubernamentales. De esta manera se motivará a más empresas a generar obras sostenibles.

Reflexiones Finales

Durante el desarrollo de esta investigación, se ha determinado que la aplicación de la arquitectura tradicional provoca varios problemas ambientales en la ciudad de Quito. En concreto, la extracción de materiales pétreos y la fabricación del hormigón, son dos de las actividades que más causan afectaciones al medio ambiente. En virtud de lo mencionado, la arquitectura sostenible permite la posibilidad de reducir el impacto generado por los distintos procesos constructivos.

Mayormente, en los países en vías de desarrollo, este tipo de arquitectura es capaz de provocar un aporte significativo, puesto que, permite aprovechar los diferentes tipos de residuos generados por varias industrias, con la finalidad de emplearlos como sustitutos de materiales que poseen elevados niveles de energía incorporada en su proceso de fabricación, transporte y construcción. De igual manera, podemos generar ahorros energéticos e hídricos en las edificaciones mediante el uso de elementos ahorradores.

Mediante herramientas como el Plan de Acción Climático de Quito y el Manual EDGE, se han encontrado acciones y medidas que pueden aportar significativamente a la construcción sostenible. Dichas herramientas están destinadas a ser utilizadas en países en vías de desarrollo dado que son los países que presentan mayores oportunidades en cuanto al crecimiento para el futuro, generando un cambio y aportando a frenar la crisis climática presente en la actualidad.

Gracias a las herramientas en mención, se pudo generar una comparación de casos, en la cual el software EDGE genera un caso base con los datos de la ciudad en donde se plantea el proyecto. Una vez obtenido este caso, se

seleccionan medidas aplicables al caso optimizado, según las características de la ciudad. Esto nos permite conocer los ahorros generados, y por ende, las medidas viables a emplear en nuestro proyecto.

Existen ciertas medidas y acciones capaces de generar un mayor impacto en el caso optimizado, lo cual, nos da a entender que son más compatibles tanto con las necesidades del edificio, como de la ciudad. Por ello, resulta importante leer las propuestas que nos ofrecen, y así, poder realizar la selección más acertada de acuerdo con las necesidades que se presentan.

Una vez realizada la investigación y la comparación de casos, se obtuvieron los lineamientos, mismos que nos dejan una enseñanza acerca de cómo se debe desarrollar la edificación en la ciudad de Quito. La implementación de estos lineamientos es de suma importancia debido a dos razones: la primera, es que la ciudad de Quito no posee una herramienta similar para el diseño de edificios en altura, lo cual, genera desconocimiento acerca de las necesidades de una edificación para que esta sea sostenible; y en segundo lugar, estos funcionan como una herramienta eficaz, que permitirá lograr sostenibilidad en las distintas fases del ciclo de vida del edificio, lo cual se basa en conseguir la máxima eficiencia en cuanto a energía, agua y materiales.

Finalmente, la presente investigación está encaminada en desarrollar la construcción sostenible en la ciudad de Quito, y que esta sea replicada en otras ciudades, así como sobre diferentes tipologías de edificaciones. Este tema resulta de alta importancia debido a que en el escenario actual, la arquitectura tradicional debe dar paso a la innovación e implementación de tecnologías que faciliten la transformación del desarrollo de proyectos hacia detener el avance de la crisis ambiental.



Recomendaciones

El desarrollo de este trabajo nos ha permitido entender que resulta de suma importancia crear conciencia ambiental dentro de nuestra sociedad, ya que la rama constructiva es una de las más contaminantes. Actualmente existen varias alternativas a los materiales convencionales, y aunque a veces pueden resultar más costosos, se debe incentivar el uso de estos elementos y materiales, ya que aportan positivamente a la reducción de la huella de carbono y nos generan un ahorro económico y de recursos.

Adicionalmente, como arquitectos, somos responsables de promover la adopción de políticas y prácticas sostenibles, no solamente en nuestro lugar de trabajo, sino a nivel de toda la sociedad. Se debe comenzar por la concientización y socialización hacia la ciudadanía, con el objetivo de que esto vaya escalando hasta llegar a nuestro gobierno, logrando así plantear estas políticas y prácticas como normativas, de manera que las empresas comiencen a aplicarlas en la construcción para que se fomente la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental.

Otro aspecto que es importante abordar, es que se debe incentivar el desarrollo de soluciones innovativas y la investigación, mismas que estén encaminadas a la sostenibilidad en edificaciones, ya que esto nos permitirá aportar a la solución de la problemática ambiental que enfrentamos, mediante el uso de la arquitectura sostenible, logrando de esta manera una calidad de vida superior y aportando con mejoras al entorno urbano de nuestra ciudad.

La investigación de las diferentes eficiencias a nivel de cualquier tipo de construcción es fundamental, ya que debemos seguir abordando los desafíos que poseemos a nivel de la ciudad de Quito y de otras ciudades del Ecuador. Existe un gran camino que recorrer para lograr la ecoeficiencia en todo tipo de edificaciones, y como arquitectos, tenemos que abogar para que se cumpla.

Finalmente, debemos continuar desarrollando la temática relacionada a la sostenibilidad y la eficiencia en los tres ámbitos que se han estudiado en esta investigación. Sin embargo, sería importante actuar dentro de un enfoque diferente, en el que se pueda estudiar otra ciudad del Ecuador, que posea características distintas. Adicional a esto, se debe considerar trabajar con diferentes tipologías de edificaciones que nos permitan desarrollar lineamientos de sostenibilidad de acuerdo a las necesidades de cada construcción.



Referentes Bibliográficos

Alarcón, I. (2018, marzo 22). En Ecuador se gasta 40% más agua que el promedio de la región.

Arenas, F. (2003). Los materiales de construcción y el medio ambiente. Recuperado 3 de octubre de 2023, de https://huespedes.cica.es/gimadus/17/03_materiales.html#:~:text=Los%20efectos%20medioambientales%20de%20los,el%20exceso%20de%20consumo%20energ%C3%A9tico.

Arquitectura Sostenible. (2020, noviembre 26). La doméstica: convirtiendo los hogares en inteligentes, eficientes y sostenibles.

Banco Internacional de Desarrollo, & Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2017). Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035. Quito.

Basset, L. (s. f.). Edificios en altura.

Bravo Dedo, A. J., & Mendoza Fajardo, J. C. (2019). Propuesta de un método de integración basado en las herramientas de Integrated Project Delivery y Virtual Design and Construction para reducir el impacto de las incompatibilidades en la etapa de diseño de edificios residenciales de alto desempeño en Lima Metropolitana. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima.

Castellanos Castillo, A. D., Martínez García, P. J., Seara Biurrun, J., Farinos Said, Á., & Pérez Benedicto, J. Á. (2018). Caso práctico de aplicación de certificación BREEAM en edificio de 105 viviendas seminario en Zaragoza.

CEPAL. (2016, julio 20). La extracción mundial de mate-

riales se triplicó en cuatro décadas y agudiza el cambio climático y la contaminación atmosférica. Recuperado 10 de octubre de 2023, de <https://www.cepal.org/es/comunicados/la-extraccion-mundial-materiales-se-triplico-cuatro-decadas-agudiza-cambio-climatico-la>

Conforme, G. del C., & Castro José Luis. (2020). Arquitectura bioclimática.

Cramer, J. (2023, julio 28). Challenges in implementing sustainable construction. Recuperado 3 de octubre de 2023, de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/stco.202300027#:~:text=insufficient%20standards%20for%20secondary%20materials,awareness%20within%20the%20construction%20industry>

Cucuzzella, C., & Goubran, S. (2022). Arquitectura Sostenible Entre Medición y Significado. Vernon Press.

Daza, P. (2010). Construcción sostenible de edificios: una alternativa responsable para el desarrollo urbano de Quito (Pontificia Universidad Católica del Ecuador). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. Recuperado de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/3603>

Delgado Larrea, J. A., Valle Benítez, A. W., & Delgado Menoscal, S. E. (2021, mayo 5). Plan de mejora del estudio de gestión integral residuos sólidos de construcción Banco del Pacífico.

Demartini, J. I., Piga, L., & Bertoni, G. A. (2019). RECOLECCION Y REUTILIZACION DE LAS AGUAS DE LLUVIA EN EDIFICIOS COMO BENEFICIO PARA LAS CIUDADES. *Arquitecto*, (13). <https://doi.org/10.30972/arq.0134160>

Dias, R. (2018). La crisis del agua en el mundo. Recuperado 10 de octubre de 2023, de <https://revistabioika.org/>

es/econoticias/post?id=28

Dobrowolska, K. (2021, marzo 4). ¿Cómo afecta la construcción al medio ambiente? Recuperado 3 de octubre de 2023, de <https://archdesk.com/es/blog/como-afecta-la-construccion-al-medio-ambiente/#:~:text=El%20sector%20de%20la%20construcci%C3%B3n%20es%20responsable%20de%2039%25%20de,fabricaci%C3%B3n%20de%20materiales%20de%20construcci%C3%B3n>.

Espinoza, F., & Bravo, S. (2019). Elaboración de un mamuesto ecológico como material sostenible de construcción utilizando bagazo de caña de azúcar. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

ExpokNews. (2021, agosto 9). 20 empresas que trabajan por los ODS. Recuperado 3 de octubre de 2023, de <https://www.expoknews.com/20-ejemplos-de-empresas-que-trabajan-por-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

FLACSO. (s. f.). Quito ciudad, capital del Ecuador. Recuperado de <http://www.quito.com.ec/guia/>

Flores, J. (2023). Estudio de las medidas de eficiencia hídrica para el diseño de una vivienda unifamiliar ubicada en el sector Itchimbia en Quito, 2023.

FUNCAGUA. (2020). Agua en el planeta. Recuperado 10 de octubre de 2023, de <https://funcagua.org.gt/agua-en-el-planeta/>

Garay, J. (2023, marzo 22). En 2023, el 26% de la población mundial carece de agua potable. Recuperado 10 de octubre de 2023, de <https://es.wired.com/articulos/una-cuarta-parte-de-la-poblacion-mundial-carece-de-agua-potable>

García Muñoz, E. (2023). Certificación BREEAM. Casos en los que es más favorable y cómo evitar el green washing. Universidad Politécnica de Madrid.

González, M. (2022, junio 1). Herramientas para evaluar una construcción sostenible.

Guerrero, L. F. (2022). Reseña: Bioconstrucción a detalle: una experiencia compartida.

Guía del Usuario de EDGE. (2021). 3.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & del Pilar Baptista Lucio, M. (2014). Metodología de la investigación, 6ta Edición. Recuperado de www.FreeLibros.com

Hernández Zamora, M. F., Jiménez Martínez, S. I., & Sánchez Monge, J. I. (2021). Materiales alternativos como oportunidad de reducción de impactos ambientales en el sector construcción. Revista Tecnología en Marcha. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i2.4831>

Hnin, T. (2023, enero 5). High Performance Building Design With Computational Design: Everything You Need To Know.

IMPTEK. (2022). Imperpol 3000. Recuperado de www.imptekcorp.com

INEC. (2021). Encuesta Nacional de Edificaciones (ENED) 2020.

Instituto de Investigación Geológico y Energético. (2019). Balance Energético Nacional 2019. Quito.

Lazovska, D. (2019, marzo 20). Qué es la arquitectura de la resiliencia.

- Lecca Díaz, G. K. (2019). Propuesta de criterios de sostenibilidad para edificios multifamiliares a nivel de certificación EDGE y sus beneficios en su vida útil (obra, operación y mantenimiento) frente a una edificación tradicional. Caso: edificio en el distrito de Santa Anita - Lima (Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima. <https://doi.org/10.19083/tesis/625743>
- Leyva Ricardo, S. E., Pancorbo Sandoval, J. A., Encarnación Fernandez, B. J., Erazo Rivera, R. P., & Lapeña Sanz, R. (2018). Resiliencia, arquitectura y urbanismo en el desarrollo sostenible de la ciudad latinoamericana: caso La Concordia. *Arquitectura y Urbanismo*, vol. XXXIX.
- López-Maroto, A. (2020). Arquitectura biomimética y biomímesis. Universidad de Alicante.
- Lynch, C. (2021, agosto 25). The Construction Industry Is Getting Greener: Why, How, And What's Changing? Recuperado 3 de octubre de 2023, de <https://www.forbes.com/sites/sap/2021/08/25/the-construction-industry-is-getting-greener-why-how-and-whats-changing/amp/>
- Mateus Cruz, D. A., Molina Castañeda, J. E., & Jaramillo Benavides, M. C. (2018). Domótica, el hogar digital.
- Mendoza García, D., Molina Alarcón, P. V., & Sabando Espinoza, M. G. (2022). La Eficiencia Energética en la Arquitectura. Estudio de caso: Edificio del Gobierno Provincial de Manabí en la ciudad de Portoviejo. Universidad San Gregorio de Portoviejo.
- Merino Aguilera, G. I. (2021). Análisis Comparativo: Herramienta de Eco-Eficiencia del Distrito Metropolitano de Quito y Certificación EDGE. Universidad San Francisco de Quito, Quito.
- Pascual, A. (2014, octubre 24). Mejorar la eficiencia hídrica.
- Pazmiño Miranda, A. C. (2020, enero). Análisis del Plan Nacional de Eficiencia Energética en el Ecuador.
- POWER. (2021, marzo 1). Ecuador's Power Grid Gets a Massive Makeover.
- PR Picharchitects. (2022, octubre 26). Estrategias de sostenibilidad, arquitectura e industrialización.
- Read, S. (2022, agosto 5). Este es el estado de la energía mundial en gráficos . Recuperado 10 de octubre de 2023, de <https://es.weforum.org/agenda/2022/08/este-es-el-estado-de-la-energia-mundial-en-graficos/>
- Redacción. (2021, enero 13). Los problemas de la construcción sostenible: falta de referentes, dificultad en el cumplimiento de la norma y falta de mano de obra especializada. Recuperado 3 de octubre de 2023, de <https://innovandoenlaconstruccion.com/los-problemas-de-la-construccion-sostenible-falta-de-referentes-dificultad-en-el-cumplimiento-de-la-norma-y-falta-de-mano-de-obra-especializada/>
- Rivero Camacho, C. (2020). Estudio de Huellas en el Ciclo de Vida del Edificio Residencial. Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Sánchez, J. (2019, abril 30). Deterioro ambiental: definición, causas y consecuencias. Recuperado 3 de octubre de 2023, de <https://www.ecologiaverde.com/deterioro-ambiental-definicion-causas-y-consecuencias-1393.html>
- Secretaria de Ambiente. (2018). Plan de Acción Climático

de Quito. Quito.

Toledo, C. (2023). Estudio de las medidas de Eficiencia Energética de una vivienda unifamiliar en Quito, Sector Itchimbía.

Yépez, A., & López, D. (2017, marzo 20). La energía en el 2040. Recuperado 10 de octubre de 2023, de <https://blogs.iadb.org/energia/es/la-energia-en-el-2040/>

7. Anexos



Uso mixto

Evaluación de EDGE: v3.0.0

Fecha y hora de la descarga: 2024-01-10 22:59

42.24% | 39.08% | 49.00%

Nombre del Proyecto: Croix Caso Base

Nombre del subproyecto: Croix Caso Optimizado

Detalles del Proyecto

Nombre del Proyecto Croix Caso Base	Dirección línea1
Cantidad de edificios distintos 1	Dirección línea2
Cantidad de subproyectos EDGE asociados 1	Ciudad
Superficie total del proyecto (m ²) 34,620.85	Estado/Provincia
Nombre del titular del Proyecto	Código postal
Email del titular del Proyecto	País
Teléfono del titular del Proyecto Móvil -	Número del Proyecto 1001430136
Share project name and basic information to potential investors or banks? No	¿Desea certificar? No
¿Este proyecto se creó con fines de capacitación? Sí	

Subproyecto(s) asociado(s)

Total de subproyectos asociados: 1

La lista completa de subproyectos asociados está disponible en la última sección de este documento.

Anexo 1. Resultados del Caso Optimizado

Fuente: EDGE APP, 2023.

Detalles del subproyecto

Nombre del subproyecto Croix Caso Optimizado	Dirección línea1 10 de Agosto
Nombre del edificio Croix	Dirección línea2
Multiplicador del subproyecto para el proyecto 1	Ciudad Quito
Etapas de certificación Preliminar	Estado/Provincia
Estado Self-Review	Código postal
Auditoría	País Ecuador
Certificador	Tipo de subproyecto New Building
Número de archivo 24010110182195	

Anexo 2. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.



International
Finance Corporation
WORLD BANK GROUP

Creating Markets, Creating Opportunities

Uso mixto

Evaluación de EDGE: v3.0.0

Fecha y hora de la descarga: 2024-01-10 22:59

42.24% | 39.08% | 49.00%

Nombre del Proyecto: Croix Caso Base

Nombre del subproyecto: Croix Caso Optimizado

Datos de ubicación



Pais
Ecuador

Ciudad
Quito

Tipo de edificio

Tipo de edificio principal

Uso mixto

Subtipo

Edificio autodefinido

Anexo 3. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.

Nombre del Proyecto: Croix Caso Base

Nombre del subproyecto: Croix Caso Optimizado

Datos del edificio

<i>Por defecto</i>		<i>Entrada de usuario</i>	
Superficie interna bruta (m ²)	5,000	34,620.85	
Cant. de pisos en altura	5	17	
Cant. de pisos subterráneos	2	3	
Altura entre piso y piso (metros)	3.0	3.10	
Aggregate Roof Area (m ²)	1,731	1,609	
Detalles operativos			
<i>Por defecto</i>		<i>Entrada de usuario</i>	
Días hábiles (Días/semana)	5.00		7
Cant. de feriados (Días/año)	24.00		10
Horas de funcionamiento (Horas/día)	12.00		24
Densidad de ocupación (m ² /persona)		13	
Costos de construcción			
Costo de construcción (USD/m ²)		1,177.2	
Valor estimado de venta (USD/m ²)		1,671.6	

Anexo 4. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.

Nombre del Proyecto: Croix Caso Base

Nombre del subproyecto: Croix Caso Optimizado

Desglose de superficies y cargas

Cant. de áreas funcionales

15

Por defecto (m ²)	Entrada de usuario (m ²)	Por defecto (m ²)	Entrada de usuario (m ²)
Baños 9,837	609.98	Pasillo, escalera, vestíbulo del ascensor -	
Bedroom 1,528	1,773.84	Centro de datos -	
Pasillo, escalera, vestíbulo del ascensor 1,528	5,068.21	Áreas de espera -	
Estacionamiento cubierto 2,605	20,383.21	Vestíbulo -	
Cuarto eléctrico y de máquinas 1,112	141.02	Zona entretenimiento -	
Kitchen 905	592.43	Área del centro comercial (pasillos comunes) -	
Sala 697	339.15	Corridors -	
Salas de reuniones 4,644	124.76	Por defecto	Entrada de usuario
Área de recepción 1,074	64.01	Área con iluminación exterior (m ²) 1,500	
Restaurantes y Cafetería 1,874	534.78	Área de estacionamiento externa (m ²) 1,039	0

Anexo 5. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.

Supermercado 1,874	544.89
Área general de ventas 1,874	557.35
Oficina privada o cerrada 1,182	3,052.46
Salas de juego 1,182	436.59
Bares 905	398.17
Sala -	
Kitchen -	
Balcón -	

Water End Uses

Área irrigada (m ²) 500	
Tipo de piscina (m ²) Piscina interior-climatizada y piscina exterior no-climatizada	Ninguno
Piscina (m ²) 20	
Car Washing No	No
Washing Clothes No	No
Process Water No	No
Dishwasher Sí	No
Pre Rinse Spray Valve Sí	No

Anexo 6. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.

Nombre del Proyecto: Croix Caso Base
Nombre del subproyecto: Croix Caso Optimizado

Dimensiones del edificio

<i>Por defecto Longitud del edificio (metros)</i>	<i>Entrada de usuario (metros)</i>	<i>Superficie de fachada expuesta al aire exterior (%)</i>
Norte 21.2		52
Noreste 21.2		17
Este 21.2		73
Sureste 21.2		16
Sur 21.2		59
Suroeste 21.2		29
Oeste 21.2		50
Noroeste 21.2		29

Anexo 7. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.

Sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado del edificio

Seleccionar tipo de entrada

Entradas simplificadas

¿El diseño del edificio incluye sistema de A/A?

No

¿El diseño del edificio incluye sistema de calefacción de espacios?

No

¿El diseño del edificio incluye suministro de refrigeración con agua fría y calefacción adquirido (refrigeración o calefacción urbana)?

Ninguno

Punto de referencia aplicable

EDGE

<i>Periodo de enfriamiento</i>		<i>Periodo de calefacción</i>		<i>Periodo de enfriamiento</i>		<i>Periodo de calefacción</i>	
Ene.	Sí	Ene.	Sí	Jul.	Sí	Jul.	Sí
Feb.	Sí	Feb.	Sí	Ago.	Sí	Ago.	Sí
Mar.	Sí	Mar.	Sí	Sept.	Sí	Sept.	Sí
Abr.	Sí	Abr.	Sí	Oct.	Sí	Oct.	Sí
	Sí		Sí	Nov.	Sí	Nov.	Sí
Jun.	Sí	Jun.	Sí	Dic.	Sí	Dic.	Sí

Anexo 8. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.

Consumo de combustible

		Factor de costo	
<i>Por defecto</i>	<i>Entrada de usuario</i>	<i>Por defecto</i>	<i>Entrada de usuario</i>
Agua caliente		Electricidad (USD/kWh)	
Electricidad	GLP	0.10	
Calefacción de ambientes		Diésel (USD/Lt)	
Electricidad	Electricidad	1.42	
Generador		Gas natural (USD/kg)	
Diésel	Diésel	0.40	
% de generación de electricidad mediante el uso de diésel		GLP (USD/kg)	
2.00%		0.40	
Combustible utilizado para cocinar		Carbón (USD/kg)	
Electricidad	GLP	0.1	
Factor de emisiones de CO ₂		Petróleo diésel (USD/Lt)	
<i>Por defecto</i>	<i>Entrada de usuario</i>	0.3	
Electricidad (Kg de CO ₂ /kWh)		Costo del agua (USD/KL)	
0.28		0.04	
Diésel (Kg de CO ₂ /kWh)		Conversión a partir de USD (USD/USD)	
0.25		1.00	
Gas natural (Kg de CO ₂ /kWh)			
0.18			
GLP (Kg de CO ₂ /kWh)			
0.24			
Carbón (Kg de CO ₂ /kWh)			
0.32			
Petróleo diésel (Kg de CO ₂ /kWh)			
0.25			

Anexo 9. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.

Nombre del Proyecto: Croix Caso Base

Nombre del subproyecto: Croix Caso Optimizado

Datos climáticos

<i>Por defecto</i>	<i>Entrada de usuario</i>	<i>Por defecto</i>	<i>Entrada de usuario</i>
Elevación (metros) 2,812	2,850	Latitud (grados) 26	0
Precipitaciones (mm/año) 562		Zona climática de ASHRAE 3A	3C

Temperatura (°C)

<i>Por defecto (Máx. mensual)</i>	<i>Entrada de usuario (Máx. mensual)</i>	<i>Por defecto (Máx. mensual)</i>	<i>Entrada de usuario (Máx. mensual)</i>
Ene. 20.6	Ene. 14.8	Jul. 22.1	Jul. 16
Feb. 20.4	Feb. 14.8	Ago. 22.5	Ago. 16.7
Mar. 21.0	Mar. 15	Sept. 22.0	Sept. 16.3
Abr. 20.2	Abr. 15.1	Oct. 22.6	Oct. 15.5
22.0	15.3	Nov. 22.3	Nov. 15
Jun. 21.6	Jun. 15.7	Dic. 20.8	Dic. 14.8

Anexo 10. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.

<i>Por defecto (Min. mensual)</i>	<i>Entrada de usuario (Min. mensual)</i>	<i>Por defecto (Min. mensual)</i>	<i>Entrada de usuario (Min. mensual)</i>
Ene. 6.8	Ene. 8.8	Jul. 6.1	Jul. 8.3
Feb. 7.1	Feb. 8.8	Ago. 6.2	Ago. 8.1
Mar. 8.0	Mar. 8.7	Sept. 6.8	Sept. 8.3
Abr. 7.7	Abr. 8.7	Oct. 6.9	Oct. 8.5
7.1	8.8	Nov. 6.7	Nov. 8.5
Jun. 7.1	Jun. 8.4	Dic. 6.2	Dic. 8.8


Anexo 11. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.



International
Finance Corporation
WORLDBANK GROUP

Creating Markets, Creating Opportunities

Uso mixto 

Evaluación de EDGE: v3.0.0

Fecha y hora de la descarga: 2024-01-10 22:59

42.24% | 39.08% | 49.00%

Nombre del Proyecto: Croix Caso Base

Nombre del subproyecto: Croix Caso Optimizado

Datos climáticos

Humedad relativa (%)

Por defecto (Prom. mensual)	Entrada de usuario (Prom. mensual)	Por defecto (Prom. mensual)	Entrada de usuario (Prom. mensual)
Ene. 72.3%	Ene. 85	Jul. 79.8%	Jul. 72
Feb. 75.3%	Feb. 86	Ago. 81.8%	Ago. 70
Mar. 76.7%	Mar. 85	Sept. 83.3%	Sept. 75
Abr. 80.2%	Abr. 84	Oct. 78.7%	Oct. 83
78.2%	82	Nov. 78.0%	Nov. 86
Jun. 82.5%	Jun. 76	Dic. 76.4%	Dic. 86

Anexo 12. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.

Velocidad del viento (m/seg)

<i>Por defecto (Prom. mensual)</i>	<i>Entrada de usuario (Prom. mensual)</i>	<i>Por defecto (Prom. mensual)</i>	<i>Entrada de usuario (Prom. mensual)</i>
Ene. 2.2	Ene.	Jul. 2.7	Jul.
Feb. 2.1	Feb.	Ago. 2.9	Ago.
Mar. 1.8	Mar.	Sept. 2.6	Sept.
Abr. 1.8	Abr.	Oct. 2.1	Oct.
1.9		Nov. 2.0	Nov.
Jun. 2.4	Jun.	Dic. 2.0	Dic.

Anexo 13. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.

Nombre del Proyecto: Croix Caso Base

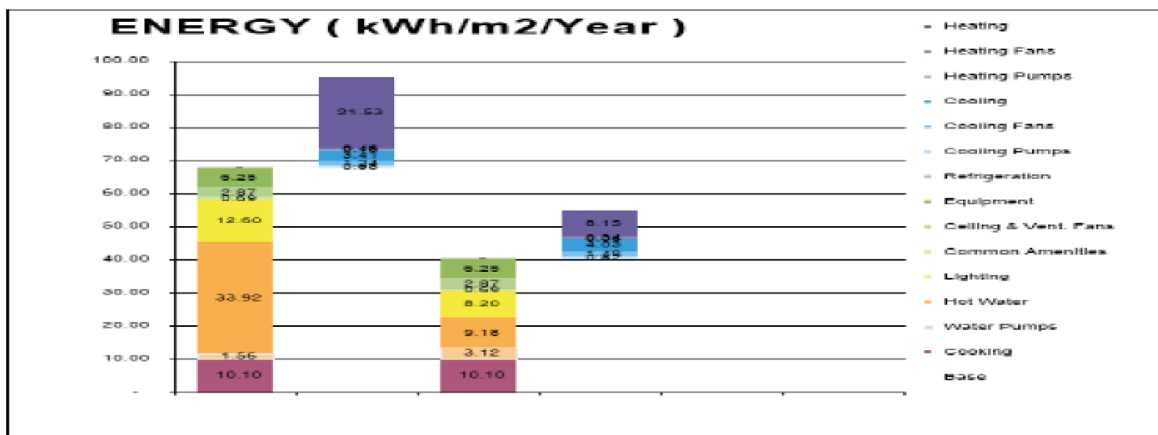
Nombre del subproyecto: Croix Caso Optimizado

Resultados

Consumo final de energía (kWh/mes)	EPI de la línea mejorada (kWh/m ² /año)
116,845	41.0
Consumo final de agua (m ³ /mes)	Costo total de construcción del edificio (Millón USD)
3,181	40.8
Emisiones de CO ₂ operacionales finales (tCO ₂ /mes)	Costo incremental (Millón USD)
31.69	1.50
Final Embodied Carbon (Kg CO ₂ e/m ²)	Porcentaje de aumento en el costo
170	3.67%
Costo final de los servicios públicos (USD/mes)	Retorno en años (Años)
13,311	11.4
Superficie del subproyecto (m ²)	Cantidad de personas impactadas (N.o/año)
34,620.85	1,005,900
Ahorros de energía (MWh/Año)	Base Case - Refrigerant Global Warming Potential (tCO ₂ e/Year)
952.07	14.0
Ahorros de agua (m ³ /año)	Improved Case - Refrigerant Global Warming Potential (tCO ₂ e/Year)
24,486.12	14.0
Ahorro de CO ₂ durante el uso (tCO ₂ /Año)	
560.77	
Embodied Carbon Savings (tCO ₂ e)	
5,544.88	
Ahorros en los costos de servicios públicos en USD (USD/año)	
131,689.73	
Ahorros en los costos de servicios públicos en moneda local (Million USD/Year)	
0.132	
EPI de la línea base (kWh/m ² /año)	
68.0	

Anexo 14. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.



Anexo 15. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.



International
Finance Corporation
WORLD BANK GROUP

Creating Markets, Creating Opportunities

Nombre del Proyecto: Croix Caso Base

Nombre del subproyecto: Croix Caso Optimizado

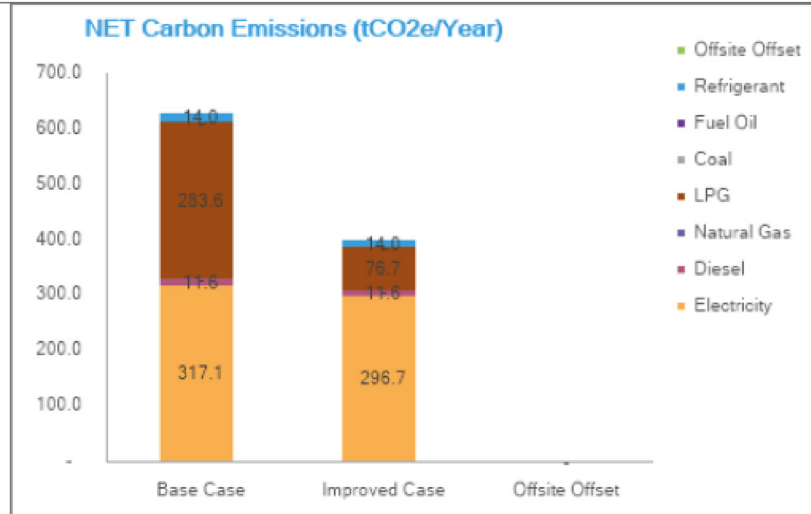
Uso mixto

Evaluación de EDGE: v3.0.0

Fecha y hora de la descarga: 2024-01-10 22:59

42.24% | 39.08% | 49.00%

Emisiones netas de carbono: 399.0 tCO₂e/Year



Anexo 16. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.

Medidas de eficiencia energética 42.24%

- ✓ EEM01* Proporción de vidrio respecto de la pared: 100%
Valor de la línea base: 22 %
Relación ventana-pared (%): 100
- ✓ EEM02 Techo reflectante: Índice de reflectancia solar 18
Valor de la línea base: 45
Índice de reflectancia solar (SRI): 18
- EEM03 Paredes exteriores reflectantes: Índice de reflectancia solar 85
- ✓ EEM04 Dispositivos de protección solar externos: Factor de sombreado anual promedio (AASF) 0.42
Valor de la línea base: Sin protección solar
AASF: 0.42
- ✓ EEM05* Aislamiento del techo: Valor U 0.45 W/m²K
Valor de la línea base: 1.91 W/m²K
Valor U (W/m²K): 0.45
- ✓ EEM06* Aislamiento del suelo/losa de piso y entrepiso elevada: Valor U 0.26 W/m²K
Valor de la línea base: 0.49 W/m²K
Valor U (W/m²K): 0.26
Edge Insulation Type: Ninguno
- EEM07 Techo verde
- ✓ EEM08* Aislamiento de paredes exteriores: Valor U 0.45 W/m²K
Valor de la línea base: 1.86 W/m²K
Valor U (W/m²K): 0.45
- ✓ EEM09* Eficiencia del vidrio: Valor U 0.4 W/m²K, SHGC 0.56 y TV 0.57
Valor de la línea base: 5.75 W/m²K, SHGC 0.49 y TV 0.7
Valor U (W/m²K): 0.4 TV (factor): 0.565
SHGC: 0.56
- EEM10 Infiltración de aire de la envolvente del edificio: 50 % de reducción
- EEM11 Ventilación natural
- EEM12 Ventiladores de techo

Anexo 17. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.

Nombre del Proyecto: Croix Caso Base

Nombre del subproyecto: Croix Caso Optimizado

Medidas de eficiencia energética 42.24%

<p>EEM15 Sistema de preacondicionamiento de aire fresco: Eficiencia 65 %</p> <p>✓ EEM18 Sistema de agua caliente sanitaria (ACS) : Energía solar 50%, Bomba de calor 50%, Caldera 0%</p> <p>Uso de agua caliente solar de la línea base: 0 % Base Case Hot Water Heater Usage: 0% Base Case Hot Water Heater Efficiency: 80%</p> <table border="0"> <thead> <tr> <th></th> <th><i>Consumo de agua caliente predeterminado (%)</i></th> <th><i>Consumo de agua caliente Por defecto ingresado por el usuario (%)</i></th> <th><i>Entrada de usuario</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Energía solar</td> <td>50%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bomba de calor</td> <td>50%</td> <td>3.00</td> <td>COP</td> </tr> <tr> <td>Caldera</td> <td>0%</td> <td>95%</td> <td>Eficiencia (%)</td> </tr> </tbody> </table> <p>EEM19 Sistema de precalentamiento de agua caliente sanitaria</p> <p>✓ EEM22 Iluminación eficiente para áreas internas</p> <p>Valor de la línea base: 65 L/W Tipo de eficiencia: Eficacia luminosa Eficacia luminosa (L/W): 100</p> <p>✓ EEM23 Iluminación eficiente para áreas externas</p> <p>Valor de la línea base: 65 L/W Tipo de eficiencia: Eficacia luminosa Eficacia luminosa (L/W): 100</p> <p>EEM24 Controles de iluminación</p>		<i>Consumo de agua caliente predeterminado (%)</i>	<i>Consumo de agua caliente Por defecto ingresado por el usuario (%)</i>	<i>Entrada de usuario</i>	Energía solar	50%			Bomba de calor	50%	3.00	COP	Caldera	0%	95%	Eficiencia (%)	<p>EEM25 Claraboyas</p> <p>EEM26 Ventilación con control de demanda para estacionamiento mediante sensores de CO₂</p> <p>EEM30 Submedidores para sistemas de calefacción/refrigeración</p> <p>EEM31 Medidores inteligentes de energía</p> <p>EEM32 Correcciones del factor de potencia</p> <p>EEM33 Energía renovable en el emplazamiento: 25% del Consumo anual de energía</p> <p>EEM34 Otras medidas de ahorro de energía</p> <p>EEM35 Adquisición de energía renovable externa: 100 % de CO₂ operacional anual</p> <p>EEM36 Compensaciones de las emisiones de carbono: 100 % de CO₂ operacional anual</p> <p>EEM37 Refrigerantes de bajo impacto</p>
	<i>Consumo de agua caliente predeterminado (%)</i>	<i>Consumo de agua caliente Por defecto ingresado por el usuario (%)</i>	<i>Entrada de usuario</i>														
Energía solar	50%																
Bomba de calor	50%	3.00	COP														
Caldera	0%	95%	Eficiencia (%)														

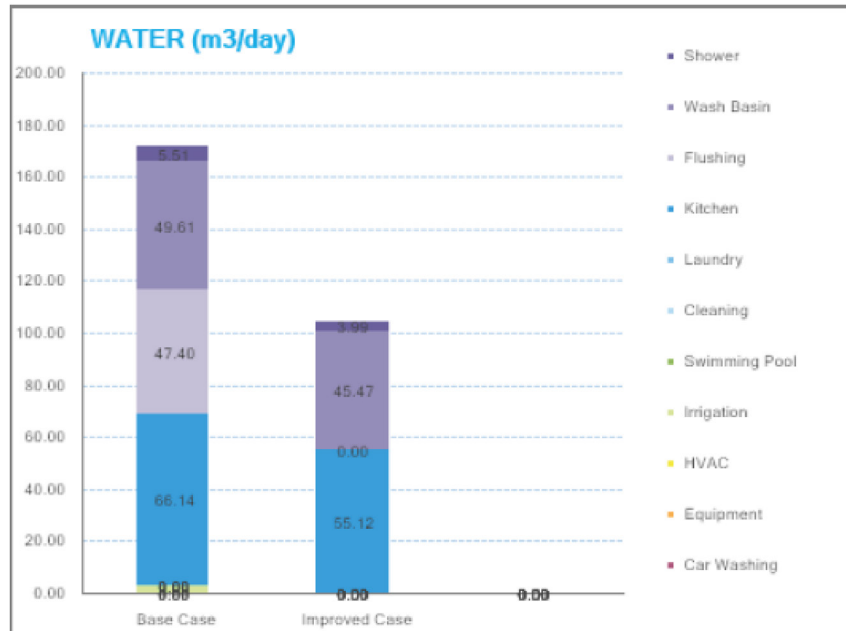
Anexo 18. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.

AHORRO DE AGUA

Medidas de eficiencia de agua 39.08%

Cumple con la norma EDGE en materia de consumo de agua




Anexo 19. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.



International
Finance Corporation
WORLD BANK GROUP

Creating Markets, Creating Opportunities

Uso mixto 

Evaluación de EDGE: v3.0.0

Fecha y hora de la descarga: 2024-01-10 22:59

42.24% | 39.08% | 49.00%

Nombre del Proyecto: Croix Caso Base

Nombre del subproyecto: Croix Caso Optimizado

Medidas de eficiencia de agua 39.08%

- ✓ WEM01 Cabezales de ducha que ahorran agua: 6 L/min
 Valor de la línea base: 8 L/min
 Tipo de baño: Showeheads Tasa de flujo (L/min):6 Provisión de agua caliente: Sí
- ✓ WEM02* Grifos eficientes que ahorran agua para todos los baños: 5.5 L/min
 Valor de la línea base: 6 L/min
 Tipo de grifo de agua: Faucets with Aerators Tasa de flujo (L/min): 5.5 Provisión de agua caliente: Sí
- ✓ WEM04* Inodoros eficientes que ahorran agua para todos los baños: 6 L/descarga de alto volumen y 3 L/descarga de bajo volumen
 Valor de la línea base: Descarga simple, 8 L/descarga Bajo volumen de descarga (L/min): 3
 Tipo de inodoro: Doble descarga Alto volumen de descarga (L/min): 6
- WEM06 Bidé eficiente que ahorra agua: 2 L/min
- WEM07 Orinales eficientes que ahorran agua: 2 L/descarga
- ✓ WEM08* Grifos de cocina que ahorran agua: 8 L/min
 Valor de la línea base: 10 L/min
 Provisión de agua caliente: Sí

Anexo 20. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.

Nombre del Proyecto: Croix Caso Base
Nombre del subproyecto: Croix Caso Optimizado

Medidas de eficiencia de agua 39.08%

WEM12 Cobertores de piscina: 30 % de superficie cubierta

WEM13 Sistema de riego de jardines que ahorra agua: 4 L/m²/día

- ✓ WEM14 Sistema de recolección de agua de lluvia: 805 % de superficie del techo utilizada para recolección

Valor del caso base: Sin recolección de agua de lluvia

Usos finales del agua de lluvia recolectada

Descarga de agua	Sí	Lavado de autos	Sí
Lavabo	No	Piscina	No
Ducha	Sí	Riego	Sí
Cocina	No	Equipos	No
Lavandería	Sí	Ahorro de energía del sistema de HVAC	Sí
Lavado y limpieza	Sí		

- ✓ WEM15 Sistema de tratamiento y reciclaje de aguas residuales: 100 % tratada

Valor del caso base: sin sistema de reciclado de agua

Tipo de sistema: Grey and Black Water Recycling System

Tecnología de plantas de tratamiento de aguas residuales: Biorreactor de membrana (MBR)

Usos finales del agua reciclada

Descarga de agua	Sí	Lavado de autos	Sí
Lavabo	No	Piscina	No
Ducha	No	Riego	Sí
Cocina	No	Equipos	No
Lavandería	Sí	Ahorro de energía del sistema de HVAC	Sí
Lavado y limpieza	Sí		

WEM16 Recuperación del agua de condensación: 100 % recuperada

WEM17 Medidores inteligentes de agua

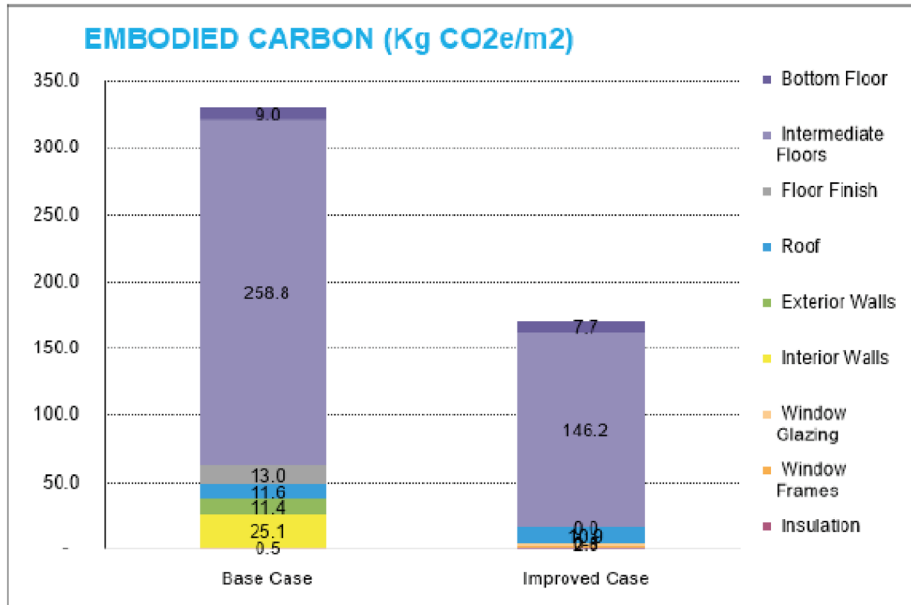
Anexo 21. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.

EMBODIED CARBON SAVINGS

Medidas de eficiencia de los materiales 49.00%

Meets EDGE Material Standard



Anexo 22. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.

Medidas de eficiencia de los materiales 49.00%

Selección de línea mejorada	Material de construcción	Proporción %	Grosor (mm)	Valor U (W/m²K)	Embodied Carbon(kg/m²)
MEM01* Construcción de planta baja Base Case Material: Concrete Slab In-situ Reinforced Conventional Slab Espesor: 100 mm & Steel : 35kg/m²	Tipo 1 Losa de concreto Losa armada en sitio con >25 % de escoria de alto horno granulada molida	100 %	0.70	0.26	
MEM02* Construcción del entrepiso Base Case Material: Concrete Slab In-situ Reinforced Conventional Slab Espesor: 300 mm & Steel : 35kg/m²	Tipo 1 Losa de concreto Losa armada en sitio con >25 % de escoria de alto horno granulada molida	100 %	0.70		
MEM03* Acabado de piso Material de la línea base: Baldosas Baldosas cerámicas Espesor: 10 mm	Tipo 1 Azulejos Azulejos de terrazo	100 %	0.005		
MEM04* Construcción del techo Material de la línea base: Losa de concreto Losa convencional reforzada en obra Espesor: 250 mm & Steel : 35kg/m²	Tipo 1 Losa de concreto Losa armada en sitio con >25 % de escoria de alto horno granulada molida	100 %	0.70	0.45	
MEM05* Paredes externas Base Case Material: Brick Wall Solid brick (0-25% voids) with external and internal plaster Espesor: 200 mm	Tipo 1 Bloques de concreto Bloques Huecos de Peso Medio	100 %	200	0.45	
MEM06* Paredes internas Material de la línea base: Pared de ladrillo Ladrillo macizo (0-25 % de poros) con yeso externo e interno	Tipo 1 Pared de montantes de metal con cartón yeso	100 %	10		

Anexo 23. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.



International
Finance Corporation
World Bank Group

Creating Markets, Creating Opportunities

Uso mixto

Evaluación de EDGE: v3.0.0

Fecha y hora de la descarga: 2024-01-10 22:59

42.24% | 39.08% | 49.00%

Nombre del Proyecto: Croix Caso Base

Nombre del subproyecto: Croix Caso Optimizado

Medidas de eficiencia de los materiales 49.00%

Selección de línea mejorada	Material de construcción	Proporción %	Grosor (mm)	Valor U (W/m ² K)	Embodied Carbon(kg/m ²)
MEM07* Marcos de ventana Material de la línea base: Aluminio	Tipo 1 Aluminio	100 %			
MEM08* Vidrios de ventana Base Case Material: Single Glazing Espesor: 8 mm	Tipo 1 Doble vidriado	100 %	8.3	1.22	
MEM09* Aislamiento de techo Base Case Material: X - No insulation Espesor: 0 mm	Tipo 1 Lana mineral Paneles o bloques de aislamiento de lana de roca	100 %	450		
MEM10* Aislamiento de paredes Material de la línea base: X - Sin aislamiento Espesor: 0 mm	Tipo 1 Material de caso base predeterminado	100 %	40		
MEM11* Aislamiento de piso Base Case Material: Polystyrene Foam Spray or Board Insulation Espesor: 54.9 mm	Tipo 1 Material de caso base predeterminado	100 %	40		

Anexo 24. Resultados del Caso Optimizado.

Fuente: EDGE APP, 2023.



Universidad
Indoamérica

Arquitectura
2024