

Análisis comparativo de los impactos ambientales potenciales de dos sistemas estructurales vs
costos constructivos mediante la evaluación del ciclo de vida (ACV)

Víctor Javier Angulo Montaña, amvictor01@gmail.com



Universidad de **Nariño**
FUNDADA EN 1904

Universidad de Nariño
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Civil
San Juan de Pasto
Mayo 2023

Análisis comparativo de los impactos ambientales potenciales de dos sistemas estructurales vs
costos constructivos mediante la evaluación del ciclo de vida (ACV)

Víctor Javier Angulo Montaña, amvictor01@gmail.com

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Civil

Asesor: Ruby Criollo Martínez. IC. PhD



Universidad de **Nariño**
FUNDADA EN 1904

Universidad de Nariño
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Civil
San Juan de Pasto
Mayo 2023

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son responsabilidad exclusiva de sus autores”.

Artículo 1° del acuerdo No 324 del 11 de octubre de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

“la Universidad de Nariño no se hace responsable de las opiniones o resultados obtenidos en el presente trabajo y para su publicación priman las normas sobre el derecho de autor”.

Artículo 13, Acuerdo N. 005 del 2010 emanado del Honorable Consejo Académico.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del director

Firma del jurado evaluador

Firma del jurado evaluador

San Juan de Pasto, mayo de 2023

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por bendecir mi vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, por ser mi apoyo y fortaleza en los momentos de dificultad y debilidad.

Gracias a mis padres, Antonio Angulo y Sonia Montaña, por ser los principales impulsores de mis sueños, por creer en mis expectativas, por la orientación, valores y principios que me inculcaron. A mis hermanos, Katherine Angulo y Jahir Angulo, por su amor y apoyo incondicional durante este proceso, por estar conmigo en cada paso del camino, gracias.

Finalmente, me gustaría expresar mi agradecimiento a la IC. PhD. Ruby Criollo, colaboradora principal de todo este proceso, quien a través de su dirección, conocimiento, enseñanza y asesoría ha permitido el desarrollo de este trabajo.

RESUMEN

El propósito de la presente investigación es realizar un estudio preliminar de los potenciales impactos ambientales que se pueden ocasionar por la construcción de edificaciones con los sistemas estructurales aporticado en concreto reforzado y aporticado metálico, para uso residencial en la ciudad de Pasto; con lo cual se pretende hacer un análisis comparativo con los costos constructivos de estos dos sistemas estructurales.

Para análisis preliminar de los impactos ambientales, se realizará un diseño estructural de dos sistemas constructivo tipo, los cuales se evaluarán conforme a la metodología de Análisis del Ciclo de Vida y Sostenibilidad en la Construcción de Edificios, con la ayuda del programa IE4B elaborado por el Instituto de Materiales Sostenibles Athena de Estados Unidos, que permite establecer las implicaciones ambientales y los posibles impactos que se pueden presentar a lo largo de la vida útil de los edificios elaborados con estos tipos de diseño.

Palabras clave: Análisis de ciclo de vida, construcción civil, impactos ambientales, edificaciones, construcción sostenible.

ABSTRACT

The purpose of this research is to carry out a preliminary study of the possible environmental impacts that can be caused by the construction of buildings with structural systems supported by reinforced concrete and metal support, for residential use in the city of Pasto; with which it is intended to make a comparative analysis with the construction costs of these two structural systems.

For a preliminary analysis of the environmental impacts, a structural design of two typical construction systems will be carried out, which will be evaluated according to the methodology of Life Cycle Analysis and Sustainability in Building Construction, with the help of the IE4B program prepared by the Athena Institute of Sustainable Materials of the United States, which allows establishing the environmental conditions and the possible impacts that may occur throughout the useful life of buildings made with these types of design.

Keywords: Life cycle analysis, civil construction, environmental impacts, buildings, sustainable construction.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	17
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
A. Descripción del Problema	19
B. Pregunta de Investigación	19
III. JUSTIFICACIÓN.....	20
IV. OBJETIVO GENERAL.....	21
V. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
VI. MARCO TEÓRICO.....	23
A. Antecedentes	23
1) Estudios Internacionales	23
2) Estudios Nacionales.....	24
B. Supuestos Teóricos.....	26
C. Definición de Conceptos	28
1) Concepto de Ambiente	28
2) Impacto Ambiental (IA)	28
3) Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	29
4) Indicadores Ambientales	29
a) Potencial de Calentamiento Global (PCG).....	29
b) Consumo de Combustibles Fósiles (CCF)	30
c) Potencial de Acidificación (PA).....	30

d)	Partículas en la Salud Humana (HH)	30
e)	Potencial de agotamiento del Ozon.....	30
f)	Potencial de Smog (PS).....	31
g)	Potencial de Eutrofización (PE)	31
5)	Características de los Indicadores Ambientales	32
6)	Clasificación de los Indicadores Ambientales del proyecto de investigación.....	32
7)	Análisis Del Ciclo De Vida (ACV)	33
8)	Fases del Análisis De Ciclo de Vida	33
a)	Objetivo y alcance.....	34
b)	Inventario de ciclo de vida (ICV).....	35
c)	Evaluación de impactos (EICV).....	35
d)	Interpretación	35
9)	Sostenibilidad en la Construcción de Edificios	36
10)	Declaración Ambiental de Productos de Construcción	36
11)	Sistema Aporticado en Concreto Reforzado.....	37
12)	Sistema Aporticado Metálico.....	37
13)	Presupuesto de Obra de Construcción	38
14)	Vida Útil de las Estructuras	38
15)	Presupuesto Global	38
D.	Formulación de Hipótesis.....	39
VII.	METODOLOGÍA.....	40
A.	Tipo de Investigación	40
B.	Diseño de la Investigación	40
1)	Selección de localización análoga a la ciudad de Pasto	41
a)	Ciudad de Quebec	41

b)	Ciudad de Halifax.....	45
c)	Ciudad de Winnipeg.....	49
d)	San Juan De Pasto	52
e)	Ciudad Elegida	55
2)	Diseño Tipo de Edificio Residencial	55
a)	Estructura en Concreto Reforzado	56
b)	Estructura Metálica	57
3)	Estimación de Impactos Ambientales.....	57
C.	Procesamiento de la información	59
1)	Procesamiento de datos con el programa ETABS.....	59
a)	Datos Generales.....	59
b)	Zona de amenaza sísmica.....	60
c)	Definición del Tipo de Perfil de Suelo.....	60
d)	Efectos locales.....	60
e)	Coeficiente de importancia.....	61
f)	Espectro de Diseño NSR-10.....	61
2)	Procesamiento de datos con el programa estimador de impactos para edificios IE4B ...	62
VIII.	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	65
IX.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	78
X.	CONCLUSIONES.....	86
XI.	RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS	89
ANEXOS	99

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA I. CLASIFICACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES DE ESTUDIO DEL PROYECTO.....	32
TABLA II. NORMAS INTERNACIONALES DE ETIQUETA AMBIENTAL.....	37
TABLA III. CUADRO COMPARATIVO ENTRE CIUDADES	54
TABLA IV. DATOS GENERALES PARA PORTICO EN CONCRETO	59
TABLA V. DATOS GENERALES PARA PORTICO METALICO.....	60
TABLA VI. DATOS BÁSICOS DEL ESPECTRO NSR-10	61
TABLA VII. EVALUACION ACV DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO HASTA ETAPA USO.....	68
TABLA VIII. EVALUCION ACV DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO HASTA ETAPA DE RECICLAJE.....	69
TABLA IX. EVALUACION ACV DE ESTRUCTURA METALICA HASTA ETAPA USO ...	70
TABLA X. EVALUCION ACV DE ESTRUCTURA METALICA HASTA ETAPA DE RECICLAJE.....	71
TABLA XI. INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA DE ENERGIA DE LA ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO (A a B)	72
TABLA XII. INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA DE ENERGIA DE LA ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO (C a D)	73
TABLA XIII. INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA DE ENERGIA DE LA ESTRUCTURA METALICA (A a B)	74
TABLA XIV. INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA DE ENERGIA DE LA ESTRUCTURA METALICA (C a D)	75
TABLA XV. PRESUPUESTO DE OBRA DE LA ESTRUCTURA METALICA	76
TABLA XVI. PRESUPUESTO GENERAL DE OBRA DE LA ESTRUCTURA DE CONCRETO REFOZA	77

TABLA XIII. COMPARACIÓN DEL POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL POR ETAPA DEL CICLO DE VIDA.....	79
TABLA XIV. COMPARACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES POR ETAPA DEL CICLO DE VIDA.....	80
TABLA XV. COMPARACIÓN DE PARTÍCULAS HH POR ETAPA DEL CICLO DE VIDA	81
TABLA XVI. COMPARACIÓN DEL POTENCIAL DE ACIDIFICACIÓN POR ETAPA DEL CICLO DE VIDA.....	82
TABLA XVII. COMPARACIÓN DEL POTENCIAL DE SMOG POR ETAPA DEL CICLO DE VIDA.....	83
TABLA XVIII. COMPARACIÓN DEL POTENCIAL DE EUTROFIZACIÓN POR ETAPA DEL CICLO DE VIDA.....	84
TABLA XXII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 1.1.....	99
TABLA XXIII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 1.2.....	99
TABLA XXIV. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 1.3.....	99
TABLA XXV. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 1.4.....	99
TABLA XXVI. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 1.5.....	100
TABLA XXVII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 1.6.....	100
TABLA XXVIII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 1.7.....	100
TABLA XXIX. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 1.8.....	100
TABLA XXX. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 2.1.....	101

TABLA XXXI. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 2.2.....	101
TABLA XXXII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 3.1	101
TABLA XXXIII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 3.2.....	102
TABLA XXXIV. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 3.3.....	102
TABLA XXXV. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 3.4.....	103
TABLA XXXVI. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 4.1	103
TABLA XXXVII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 4.2	103
TABLA XXXVIII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 5.1	104
TABLA XXXIX. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 5.2.....	104
TABLA XL. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 5.3.....	104
TABLA XLI. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 1.1	105
TABLA XLII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 1.2.....	105
TABLA XLIII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 1.3	105
TABLA XLIV. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 1.4.....	105

TABLA XLV. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 1.5	105
TABLA XLVI. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 1.6	106
TABLA XLVII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 1.7	106
TABLA XLVIII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 1.8	106
TABLA XLIX. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 2.1	106
TABLA L. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 2.2	107
TABLA LI. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 3.1	107
TABLA LII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 3.2	107
TABLA LIII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 3.3	108
TABLA LIV. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 3.4	108
TABLA LV. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 3.5	109
TABLA LVI. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 4.1	109
TABLA LVII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 4.2	110
TABLA LVIII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 5.1	110

TABLA LIX. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO,
ITEM 5.2 110

TABLA LX. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO,
ITEM 5.3 111

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1. Ubicación de la Ciudad de Quebec. [37]	42
Fig. 2. Temperatura ambiente de la Ciudad de Quebec. [45].....	45
Fig. 3. Ubicación de la Ciudad de Halifax. [47]	46
Fig. 4. Temperatura ambiente de la Ciudad de Halifax. [54].....	48
Fig. 5. Ubicación de la Ciudad de Winnipeg. [58].....	49
Fig. 6. Temperatura ambiente de la Ciudad de Winnipeg. [66]	51
Fig. 7. Ubicación de la Ciudad de pasto. [73].....	53
Fig. 8. Fachada de edificio Tipo.....	56
Fig. 9. Recuadro general del programa IE4B	58
Fig. 10. Espectro de aceleraciones horizontales elástico del umbral de daño como fracción de g	61
Fig. 11. Modelación de la estructura del edificio	62
Fig. 12. Cuadro de Ensamble de la Estructura programa IE4B	63
Fig. 13. Recuadro de Reporte programa IE4B	64
Fig. 14. Comparación del Potencial de Calentamiento Global por Etapa del Ciclo de Vida.....	78
Fig. 15. Comparación del Consumo de Combustibles Fósiles por Etapa del Ciclo de Vida	79
Fig. 16. Comparación de Partículas HH Por Etapa del Ciclo de Vida.....	80
Fig. 17. Comparación del Potencial de Acidificación Por Etapa del Ciclo de Vida.....	82
Fig. 18. Comparación del Potencial de Smog Por Etapa del Ciclo de Vida	83
Fig. 19. Comparación del Potencial de Eutrofización Por Etapa del Ciclo de Vida.....	84

GLOSARIO

Acidificación: es un proceso químico por el que algunas sustancias se transforman en un ácido por el descenso del pH. Un ácido es una sustancia que emite iones de hidrógeno en el agua y forma sales cuando se combina con ciertos metales.

Alto horno: horno especial en el que tienen lugar la fusión de los minerales de hierro y la transformación química en un metal rico en hierro llamado arrabio o hierro de primera fusión, que constituye la principal materia prima para la fabricación del acero.

Emanación: liberación de sustancias contaminantes, molestas o peligrosas.

Eutrofización: es el aporte excesivo de nutrientes inorgánicos (procedentes de actividades humanas), principalmente nitrógeno (N) y fósforo (P), a un ecosistema acuático, produciendo una proliferación incontrolada de algas fitoplanctónicas y provocando efectos adversos en las masas de agua.

Material particulado (PM): mezcla de partículas líquidas y sólidas, orgánicas e inorgánicas, que se encuentran en suspensión en el aire. El material particulado forma parte de la contaminación del aire. Estas partículas pueden provenir de los automóviles, camiones, fábricas, quema de madera y otras actividades.

Pórtico: estructura de concreto armado, acero, madera, entre otros, que forma un conjunto esqueletal de vigas y columnas conectadas rígidamente por medios de nudos.

Smog: forma de contaminación ambiental que afecta al aire. Se trata de una mezcla de niebla, humo, contaminantes y partículas en suspensión, propia de ciudades o zonas con alta actividad industrial.

Sostenibilidad: Es el principio de garantizar las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras, sin renunciar a la protección del medio ambiente, el crecimiento económico y el desarrollo social.

INTRODUCCIÓN

En el mundo actual, el cambio climático y la contaminación ambiental, exigen asumir la responsabilidad de los impactos ambientales causados por las actividades humanas, con el propósito de disminuir y resarcir los daños que se ocasionan en los ecosistemas. Por ello, la industria de la construcción aplica metodologías y herramientas como la de evaluación del impacto ambiental (EIA) que permiten determinar si es viable la construcción de obras civiles en espacios y ambientes, además de escoger las alternativas menos impactantes desde el punto de vista de localización y tecnología empleada. Para complementar estos estudios se ha implementado metodologías como el análisis del ciclo de vida (ACV), que busca establecer todos los impactos ambientales producidos por un producto o servicio desde la obtención de las materias primas pasando por la fabricación hasta su disposición final o reciclaje.

En este contexto, la presente investigación pretende realizar un análisis preliminar de los impactos ambientales ocasionado por el empleo de los sistemas estructurales más habituales en el diseño y construcción de edificaciones de uso residencial, aplicando la metodología de análisis del ciclo de vida (AVC), tomando en cuenta que, según la UNEP, los edificios representan entre el 40% y el 45% de la energía de consumo y, por lo tanto, contribuyen con importantes emisiones de gases de efecto invernadero [1]. Con esto, se busca aportar en el conocimiento preliminar de indicadores y metodologías que permitan a los planificadores, diseñadores y constructores seleccionar los materiales y procesos constructivos más sostenibles, puesto que, la extracción de materias primas y los procesos industriales para la fabricación de materiales de construcción son responsables de daños a ecosistemas, tales como la deforestación, la contaminación del aire con gases y partículas (polvo y ceniza), y la degradación y contaminación de cuerpos de agua (extracción de gravilla de los ríos para el concreto, canteras en cerros con vegetación nativa, contaminación del aire con los gases que emanan de los hornos de producción de coque para el acero, entre otros) [2].

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A. Descripción del Problema

En las últimas décadas han aumentado las construcciones de edificaciones de tipo habitacional en ciudad de Pasto. En estas obras, no se toma en cuenta criterios de sostenibilidad (urbanismo, arquitectura y construcción sostenibles) para la selección del sistema estructural, ni de procedimientos constructivos. Por lo anterior, se agravan y aceleran los procesos de degradación de los ecosistemas, ya que, para la elección de alternativas no se consideran indicadores, metodologías ni modelos que permitan la selección de los materiales, procesos y fuentes de energía más sostenibles.

B. Pregunta de Investigación

¿Existen diferencias significativas en los impactos ambientales generados en las construcciones de edificaciones que utilizan los sistemas estructurales de pórtico en concreto y pórtico metálico?

II. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, el medio ambiente es un tema que preocupa a la población mundial, debido a todos los impactos adversos que se presentan en los ecosistemas, los cuales se producen por actividades humanas como la industrial, que provocan fenómenos tales como, calentamiento global, destrucción de la capa ozono, lluvia ácida, eutrofización, acidificación de océanos, contaminación del suelo, entre otros. Por otro lado, industrias como la de la construcción son fundamentales para la economía de los países. De hecho, en Colombia, el sector de la construcción es muy dinámico y uno de los principales generadores de empleo y dinamizador de la economía. Tan solo en 2019, el sector de la construcción aportó aproximadamente 7,2% del PIB del país; esto se ve reflejado en datos como el promedio de construcción anual de 17,8 millones de m² en nuevas áreas. En 2019 el país licenció 23,1 millones de m² para la construcción; de esta área licenciada el 80,8% se destinó para vivienda, 9,7% para comercio, 3,6% para oficinas y 27,2% para otro tipo de construcciones [3].

Aunque esta actividad industrial es muy beneficiosa para el desarrollo de Colombia, en especial de la región de Nariño, puede contribuir enormemente a la contaminación del medio ambiente puesto que, “la industria de la construcción y la operación de edificios le aportan al ambiente cerca del 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero” [2]. Adicionalmente el mantenimiento de las edificaciones consume cerca del 70% de la energía eléctrica, además de excesivas cantidades de agua para la eliminación de desechos, y producción de inmensas cantidades de basura [2].

En este contexto, la presente investigación busca aportar en el conocimiento preliminar de indicadores y metodologías que permitan a los planificadores, diseñadores y constructores seleccionar los materiales y procesos constructivos más sostenibles, comparando los posibles impactos ambientales que se originan durante la construcción y el mantenimiento de estas edificaciones, frente a sus costos.

III. OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis preliminar de los impactos ambientales potenciales generados por edificaciones tipo, diseñadas con el sistema aporticado en concreto reforzado y aporticado metálico, mediante la metodología de evaluación de ciclo de vida (ACV) frente a los costos de construcción en la ciudad de Pasto.

IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Revisar la literatura disponible sobre ACV de los sistemas constructivos estudiados.
- ❖ Diseñar el modelo tipo de la edificación para los sistemas aporticado en concreto reforzado y aporticado metálico.
- ❖ Establecer criterios para seleccionar una localización análoga a la ciudad de Pasto en el software IE4B de Athena (Estimador de impacto para edificios, basado en la metodología del ACV).
- ❖ Calcular el impacto ambiental producido para los sistemas aporticado en concreto reforzado y aporticado metálico, mediante la metodología ACV utilizando el software IE4B de Athena.
- ❖ Estimar los costos de construcción de la edificación tipo en los dos sistemas estructurales.
- ❖ Realizar un análisis comparativo entre los sistemas aporticado en concreto reforzado y aporticado metálico, desde el punto de vista de su impacto ambiental potencial y de los costos constructivos.

V. MARCO TEÓRICO

Dado que esta investigación pretende realizar un análisis preliminar de los impactos ambientales potenciales de edificaciones diseñadas con el sistema aporticado en concreto reforzado y aporticado metálico, mediante la metodología de evaluación de ciclo de vida (ACV) frente a los costos de construcción en la ciudad de Pasto, se presentan conceptos teóricos relacionados con el medio ambiente y los sistemas estructurales aporticados, en los que se fundamenta este estudio.

A. Antecedentes

1) Estudios Internacionales

Para el presente proyecto es importante contar con información sobre construcción sostenible, debido a que permitirá identificar oportunidades del mercado, tendencias del mercado y todo aquello que actualmente está pasando en este tipo de edificaciones a nivel mundial, como es el caso de las investigaciones de procesos o productos convencionales y alternativos en la industria de la construcción y la vivienda elaborados en diferentes países, de los cuales, los más relevantes se describen a continuación:

❖ **Análisis del ciclo de vida de materiales de construcción convencionales y alternativos.**

Este estudio determina los posibles daños al entorno ocasionados por la construcción de muros de block y ladrillo en San Luis Potosí y la posible implementación de materiales alternativos, en este caso el adobe mecanizado, que presenten un comportamiento menos agresivo al medio ambiente; mediante la metodología conocida como el Análisis del ciclo de vida. Como hipótesis se plantea que a través de dicha metodología se podrán llevar a cabo análisis comparativos entre las técnicas y materiales constructivos convencionales y los llamados alternativos, que permitan calcular los impactos ambientales generados durante los procesos productivos y las técnicas de instalación de ambos insumos, lo cual permitirá hacer una selección más objetiva de aquellos procesos constructivos y materiales que cumplan con mejores niveles de sustentabilidad [4].

Este estudio concluye que el ciclo de vida completo de los productos de construcción es de una gran complejidad. Ello responde a las numerosas facetas espaciales y temporales que intervienen, así como a la propia estructura del sector lo que hace que resulte difícil elaborar un análisis completo del producto desde el punto de vista medioambiental, y justifica que ciertos estudios se concentren en determinadas fases de su ciclo de vida o que estén relacionados sólo con el ciclo de vida de algunos materiales o servicios usados [4].

❖ **Metodología y herramienta verde para la evaluación de la sostenibilidad en edificios.**

En este trabajo se presenta una nueva metodología y un modelo de evaluación de la sostenibilidad de edificios denominado VERDE, basado en la cuantificación de la reducción de impactos ambientales. El estudio afirma que la edificación sostenible ha crecido a partir del movimiento hacia la edificación verde y bajo el movimiento más amplio de desarrollo sostenible [5]. Adicionalmente, los autores presentan una relación de diversos métodos de evaluación de impacto ambiental para edificios, tales como BREEAM (método de Evaluación Ambiental BRE) que fue el primer sistema (1990) en ofrecer un método de etiquetado de edificios y LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) que es el sistema más utilizado en el mercado de la construcción a gran escala. Actualmente existe un gran número de modelos, muchos de ellos basados en la metodología desarrollada por el grupo GBC (Green Building Challenge), ahora iiSBE (International Initiative for a Sustainable Built Environment) [5].

2) *Estudios Nacionales*

El estudio de V. Valdivieso (2019) sobre la situación colombiana en materia de construcción sostenible, afirma que la sostenibilidad se ha convertido en eje central del sector de la construcción alrededor del mundo. Cada vez son más los proyectos que se ponen como condición ahorrar recursos naturales y económicos y que, al tiempo, demuestran mejorar el entorno de las ciudades y la calidad de vida de sus habitantes. También en la construcción de vivienda social hay una tendencia a empezar a exigir este tipo de consideraciones por el gran impacto positivo que pueden tener en la vida de las personas [6].

El Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), propuso hace unos años una nueva vía para que los proyectos de ventilación natural en América Latina pudieran acceder a certificaciones LEED. En trabajo conjunto con la Universidad de los Andes se desarrolló una ruta alternativa de cumplimiento de los requisitos de la certificación a través de un proyecto de investigación que buscaba estandarizar el proceso de diseño de la ventilación natural. Como resultado se creó un Protocolo de Verificación para Sistemas Ingenieriles de Ventilación Natural para Climas Ecuatoriales, que fue avalado por el United States Green Building Council, el mismo que desarrolló la certificación LEED. Este protocolo ahora puede ser utilizado en países ecuatoriales de todo el mundo [6].

Existen otras investigaciones relacionadas con el Análisis del Ciclo de Vida en Colombia, el cual, busca definir una matriz para poder evaluar diferentes tipos de impactos ambientales en los sistemas productivos como se muestra a continuación:

- ❖ **El análisis de ciclo de vida (ACV) en el desarrollo sostenible: propuesta metodológica para la evaluación de la sostenibilidad de sistemas productivos.** La investigación tiene como objetivos, establecer la importancia de incluir factores propios de la sostenibilidad ambiental en la metodología del ACV, determinar claramente estos factores para proponer herramientas en la tercera etapa del ACV normalizado por la ISO 14040, y proponer finalmente una matriz de evaluación de impactos a través de las cinco categorías de sistema ergonómico PESTE: Político-jurídicos, Económico-financieros, Socio-culturales, Técnico-científicos y Ecológico-geográficos, con el fin de identificar y evaluar los impactos de cualquier sistema productivo, más allá de solo considerar los impactos al medio biofísico como actualmente se realiza [7].

Los autores concluyen que las metodologías de evaluación de impactos como el ACV están en desarrollo y son un campo abierto para la investigación, sobre todo en la evaluación de los aspectos socio-culturales, económicos y políticos, por ello requieren investigaciones profundas resultado de un trabajo interdisciplinario que permita una visión analítica e integral para llegar a la toma de decisiones individuales, empresariales y políticas hacia el modelo del desarrollo sostenible y el desarrollo humano. Actualmente se evidencia el trabajo de diferentes organizaciones internacionales, instituciones, empresas y

consumidores frente a la implementación del concepto de ciclo de vida en la toma de decisiones, pero es un trabajo interdisciplinario que sigue en construcción y a través del cual se reconoce esta metodología como un proceso de investigación hacia el desarrollo sostenible, que se encuentra en construcción [7].

B. Supuestos Teóricos

En comparación con la construcción en concreto, la edificación en acero aparentemente tiene muchas ventajas, como el ahorro de agua por ser una construcción en seco, produce menos ruido y polvo, y se reduce la afección de los recursos ambientales. Además, la construcción en acero es más propicio para proteger el medio ambiente, ya que, produce menos residuos sólidos y es propenso a reciclarse en la fase final de su vida útil. Sin embargo, son necesarios estudios cuantitativos más detallados para determinar finalmente sus efectos sobre la energía y el medio ambiente, los cuales, observaremos a continuación:

- ❖ En la ciudad de Shanghái, se realizó una investigación el cual buscaba identificar y cuantificar el consumo de energía y las emisiones ambientales durante todo el ciclo de vida de dos edificios típicos de oficinas, uno en estructura de concreto, y otro en estructura de acero. Se encontró que las emisiones al medio ambiente son mayores en la construcción de concreto que en la construcción de acero, como las emisiones CO₂ son un 48,1% menores en la estructura de acero, y las emisiones de óxidos de azufre (SO_x) es un 51,6% inferior en la construcción de acero. Sin embargo, el coeficiente de transferencia de calor promedio de las envolventes de los edificios con estructura de acero es más alto que la estructura de concreto, debido a la mayor conductividad térmica del acero. El consumo de energía del ciclo de vida y las emisiones ambientales del aire acondicionado en la fase de uso del edificio con estructura de acero son por lo tanto más grandes que la estructura de concreto [8].
- ❖ Evaluación comparativa del ciclo de vida de los pórticos de acero y hormigón: un estudio de caso de dos edificios residenciales en Irán. Es una investigación, el cual busca promover una conciencia tanto de la comunidad local como de los diseñadores sobre los impactos ambientales de los pórticos en concreto y pórtico en acero, de este estudio se puede concluir

que, el edificio de hormigón tuvo un impacto sustancial en el potencial de calentamiento global (GWP), en comparación con el edificio de acero que generó aproximadamente un 24% menos de emisiones, aunque, en las etapas de adquisición de materias primas y producción de materiales, la estructura de acero aporta mayores emisiones en el potencial de calentamiento global que la estructura de concreto. Por otro lado, en la etapa final de la vida útil (EOL), el pórtico de acero muestra una utilidad al poder reciclarse y reutilizarse, mientras que el pórtico de hormigón se destinan la mayor parte al vertedero, lo que tiene un impacto perjudicial en el ecosistema. Los resultados de este estudio indicaron que la selección de la estructura de acero en la industria de la construcción es más respetuosa con el medio ambiente. Sin embargo, la perspectiva de los diseñadores puede involucrar otros aspectos y criterios para la selección de un sistema de construcción [9].

- ❖ Evaluación del ciclo de vida de estructuras de acero y hormigón armado: una nueva herramienta de análisis. El artículo se centra, en los impactos ambientales causados por la fabricación y el transporte de los materiales necesarios para la construcción de una estructura de concreto armado o de acero en Portugal. De este estudio se pudo notar que la estructura de acero tiene un mayor consumo de energía que la estructura de hormigón, donde la estructura de acero consume alrededor de 27 GJ mientras que la estructura de concreto armado consume alrededor de 6 GJ, lo que resulta en 4,5 veces más consumo de energía. Al examinar las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), la diferencia es bastante significativa. La estructura de acero libera 4248 Kg de CO₂ mientras que la estructura de hormigón libera solo 931 Kg, es decir, un 88% menos. En cuanto análisis realizado las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), podemos ver que, una vez más, la estructura de concreto hace menos daño al medio ambiente, libera aproximadamente 2 Kg, mientras que la estructura de acero libera 3,36 kg, un 68% más a la atmósfera. Solo en dióxido de azufre (SO₂), la estructura de hormigón presenta una mayor cantidad de emisiones, liberando 2,5 Kg, en tanto que, la estructura de acero libera 3,62 kg, un 47% más de emisiones. Como resultado, cuando se analiza cuidadosamente en términos globales, es claramente evidente que el impacto ambiental total causado por la construcción del pórtico en acero es mucho mayor que usando concreto armado, causando en promedio un 78% más de impacto en las emisiones de CO₂ y NO_x, [10].

Los resultados de estos estudios revelaron que los impactos podrían variar de caso a caso considerando diferentes condiciones geográficas y climáticas. Además, el uso de varios métodos y programas de software también puede conducir a resultados no necesariamente similares.

C. Definición de Conceptos

1) Concepto de Ambiente

Este término está ligado con el concepto de medio, y en muchas ocasiones dentro de un mismo contexto tienden a ser determinados como sinónimos, por tanto, cabe aclarar que, “medio se podría definir como el elemento en el que vive una persona, animal o cosa y el ambiente como el conjunto de factores bióticos y abióticos que actúan sobre los organismos y comunidades ecológicas, determinando su forma y desarrollo” [11].

2) Impacto Ambiental (IA)

Se considera como impacto ambiental, a los efectos adversos sobre los ecosistemas, el clima y la sociedad debido a las actividades, como la extracción excesiva de recursos naturales, la disposición inadecuada de residuos, la emisión de contaminantes y el cambio de uso del suelo, entre otros. Se reconocen impactos directos e indirectos (por el efecto secundario de los anteriores), que poseen tres dimensiones comunes de magnitud, importancia y significancia. André et al., 2004, citada por [12]. Sin embargo, dentro de las metodologías de evaluación de impactos ambientales, para la selección de alternativas, también se consideran los impactos ambientales positivos, que se generan por las actividades humanas; como en el caso de la construcción de edificaciones y obras de infraestructura.

Cabe aclarar que, los impactos directos son aquellos que se producen cuando las acciones y los efectos se presentan en un mismo tiempo o sitio determinado, por otro lado, los impactos indirectos son los que se originan cuando las acciones y efectos están apartados bien sea por tiempo o espacio, pero se pueden apreciar en un futuro cercano.

3) *Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)*

La evaluación de impacto ambiental se ha definido como el proceso de análisis encaminado a predecir los impactos ambientales tanto negativos como positivos, que produciría un proyecto, en un ambiente particular, en el supuesto de que se llevara a cabo, con el fin de tomar correctivos si fuera el caso para mitigar dichos impactos. Un EIA es un estudio técnico, de carácter interdisciplinar que se realiza como parte del proceso de toma de decisiones. [13].

4) *Indicadores Ambientales*

De acuerdo con la Resolución 0643 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial [14], los indicadores ambientales están orientados a monitorear los cambios en la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables y el medio ambiente, y la presión que se ejerce sobre ellos como resultado de su uso, consumo y aprovechamiento, es decir, los efectos resultantes de la relación hombre-naturaleza.

Un indicador ambiental por lo general se representa por medio de un valor el cual busca calificar cuantitativamente los fenómenos que pueden alterar un ecosistema, debido a actividades humanas o naturales.

En vista de lo anterior y con la ayuda del programa estimador de impactos para edificios IE4B, se calculará y analizará los siguientes indicadores para el desarrollo del presente proyecto de investigación:

a) *Potencial de Calentamiento Global (PCG).*

El potencial de calentamiento global se puede definir como un indicador que mide los efectos relativos de calentamiento global que diferentes gases ejercen sobre la Tierra. Asigna un valor a la cantidad de calor atrapada por una masa de gas determinada, en relación con la cantidad de calor atrapada por una masa similar de dióxido de carbono, durante un período específico de tiempo [15].

b) Consumo de Combustibles Fósiles (CCF)

Los combustibles fósiles se pueden determinar como recursos no renovables, que provienen de la descomposición de materia orgánica de animales, plantas y microorganismos, se puede clasificar en tres tipos: petróleo, gas natural y carbón.

El consumo de combustibles fosilices produce residuos que contaminan la atmósfera, como los denominados gases de invernadero, tales como, el monóxido de carbono (CO), cloro-fluoro-carbono (CFC), elementos causantes del fenómeno conocido como el agujero en la capa de ozono y el calentamiento global [16]. Además de generar fenómenos colaterales tales como, lluvia ácida, aumento de sequías e inundaciones, contaminación del suelo, contaminación del aire, entre otros.

c) Potencial de Acidificación (PA)

Según Antón Vallejo [17], la acidificación consiste en la deposición de ácidos resultantes de la liberación de óxidos de nitrógeno y sulfuro en la atmósfera, en el suelo y en el agua, dónde puede variar la acidez del medio cosa que afectará a la flora y fauna que habita en él, produce pérdida de coberturas forestales y también puede afectar a los materiales de la construcción.

d) Partículas en la Salud Humana (HH)

El indicador partículas en la salud humana (por sus siglas en ingles HH), muestra el potencial de material particulado (PM), que de acuerdo con la norma ISO 7708 [18], es un contaminante del aire, compuesto por una mezcla de sustancias suspendidas en el aire, orgánicas, inorgánicas, sólidas, líquidas o ambas; varían en tamaño, composición y origen, se clasifican según tamaño y habilidad de penetración en el sistema respiratorio en fracción gruesa, (tamaño $\geq 10 \mu\text{m}$) se depositan casi exclusivamente en nariz y garganta; fracción torácica o inhalable, PM10 (partículas $\leq 10 \mu\text{m}$), pueden alcanzar la parte superior de las vías respiratorias y el pulmón.

e) Potencial de agotamiento del Ozono (PAO)

De acuerdo con Maury Cabrera & Brossard González [19], se define como ozono a la molécula de tres átomos de oxígeno que, en condiciones normales de temperatura y presión, se halla en estado

gaseoso. Esta sustancia química retiene entre el 93% y el 99% de la radiación UV del sol, que resultan nocivos para los seres vivos.

La capa de ozono consiste en un velo diluido de gas ozono que se extiende desde aproximadamente 10 km hasta aproximadamente 40 km por encima del suelo, la disminución de esta capa en la estratosfera es perjudicial, ya que una capa de ozono más fina permitiría que penetrase más radiación ultravioleta-B (UV-B) en las capas inferiores de la atmósfera y alcanzase la superficie terrestre [20].

f) Potencial de Smog (PS)

El smog es una mezcla química de humo y niebla, que es extremadamente desagradable y nocivo para la salud. Este es una forma de contaminación atmosférica con concentraciones de óxido de sulfuro y de nitrógeno, hidrocarburos y millones de partículas de plomo, manganeso, cobre, níquel, cinc y carbón [21]. Existe dos tipos de smog:

Smog Industrial: de color gris es típico en algunas ciudades grandes industriales, en las que, se queman grandes cantidades de carbón y petróleo pesado con mucho azufre, en instalaciones industriales y de calefacción [21].

Smog Fotoquímico: se refiere a una mezcla de contaminantes (NO_x e hidrocarburos volátiles) con otros (ozono, peroxiacilo, radicales hidroxilos, etc.). Esta mezcla oscurece la atmósfera dejando un aire teñido de color marrón rojizo cargado de componentes dañinos para los seres vivos y los materiales [21].

g) Potencial de Eutrofización (PE)

Se puede definir como eutrofización al “abastecimiento excesivo de los nutrientes nitrógeno y fósforo a los cuerpos de agua, con el consecuente crecimiento acelerado de microalgas, que puede producir la muerte de peces al despojarlos del oxígeno que necesitan para vivir” [22].

La eutrofización ocasiona muchos efectos adversos a los cuerpos de aguas, entre ellos se tienen, la producción de toxinas por afloramientos de algas, modificación de características organolépticas

(gusto, olor, color), baja en las concentraciones de oxígeno disuelto del agua y de su porcentaje de saturación [23].

5) *Características de los Indicadores Ambientales*

Una de las características principales de los indicadores ambientales es que, dentro de un sistema de gestión ambiental permite visualizar mejoras ambientales, detectar potenciales de optimización y reducción, determinar los elementos que generen más impactos, así como eventualmente identificar oportunidades de corrección en metas ambientales [24]. Por tanto, se debe seleccionar los indicadores con mayores repercusiones para el ambiente, que permita tener una visión clara de que sistema constructivo es menos nocivo para el ambiente.

6) *Clasificación de los Indicadores Ambientales del proyecto de investigación*

Los indicadores ambientales del proyecto de investigación se clasifican de acuerdo a la tabla 1:

TABLA I. CLASIFICACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES DE ESTUDIO DEL PROYECTO

Indicador	Unidad de medida	Negativo	De Impacto	De Proceso	Cuantitativo	Directo	Indirecto
PCG	kg CO2 eq	x	x		x		
CCF	MJ			x	x		x
PA	kg SO2 eq		x		x		
HH	kg PM2.5 eq			x	x	x	
PAO	kg CFC-11 eq	x	x		x		
PS	kg O3 eq		x	x	x		
PE	kg N eq		x		x		

Indicador de Impacto: consideran los cambios que se producen sobre el ambiente o aspecto en general; es la medida del efecto que conlleva dicho cambio.

Indicador de procesos: cuantifican acciones o procesos, las características y actividades internas de estos.

Indicador Negativo: son aquellos en los cuales si su valor se incrementa estarían indicando un retroceso en el alcance de las metas

Indicador Cuantitativo: son los que se refieren directamente a medidas en números o cantidades.

Indicador Directo: son aquellos que se obtienen de forma concreta, con cálculos sencillos

Indicador Indirecto: cuando no se puede medir de manera directa alguna condición, se recurre a indicadores sustitutivos o conjuntos de indicadores relativos al fenómeno que nos interesa medir o sistematizar.

Nota: este estudio con base en Zizumbo y González [25].

7) *Análisis Del Ciclo De Vida (ACV)*

Los impactos ambientales de un producto o servicio inician con la obtención de la materia prima y finaliza cuando el producto o servicio llegue hasta su etapa final. El análisis de ciclo de vida (ACV) es una metodología que intenta identificar, cuantificar y caracterizar los diferentes impactos ambientales potenciales, asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto [26]. Esencialmente, esta metodología está enfocada al rediseño de productos o servicios bajo el concepto de que los recursos energéticos y materias primas no son ilimitados y que, generalmente, se consumen más rápido de cómo se regeneran o como originan nuevas alternativas.

Actualmente, los ACV se pueden abordar desde tres puntos de vista:

- ❖ ACV de la cuna a la puerta de la fábrica: este ciclo estudia las fases de extracción de materias primas, transporte hasta la fábrica y cada una de las etapas de producción del bien o servicio.
- ❖ ACV de la cuna a la tumba: examina todas las etapas del ciclo de vida del producto o servicio desde la obtención de las materias primas hasta el manejo de los residuos al finalizar su vida útil.
- ❖ ACV de la cuna a la cuna: al igual que en el caso anterior, analiza todas las fases del ciclo de vida del producto, y además incluye la gestión de los residuos al final de la vida y su reutilización como materia prima que reinicia el ciclo.

8) *Fases del Análisis De Ciclo de Vida*

De acuerdo a la Norma NTC-ISO14040 [27], la metodología del ACV consta de las siguientes fases:

- ❖ Definición del objetivo y alcance.
- ❖ Análisis del inventario.
- ❖ Evaluación del impacto

❖ Interpretación de resultado

Según González [4], define cada una de las fases del análisis de ciclo de vida de la siguiente manera:

a) *Objetivo y alcance*

Es el inicio del estudio, por lo que en esta fase es necesario definir el tema motivo de la investigación y las razones que llevan a realizarlo. A su vez, hay que establecer el producto implicado, la audiencia a la que se dirige, el alcance o magnitud del estudio, la unidad funcional, los datos necesarios y el tipo de revisión crítica que se debe realizar [4].

El alcance del estudio establece las limitaciones que tendrá el ACV, basándose en el sistema del producto. De acuerdo a una selección previamente reportada y documentada se instituyen los procesos unitarios y flujos que se recopilarán en la investigación. Las razones de los elementos descartados también se explican en este apartado. El alcance de acuerdo a la Norma ISO 14044, está estructurado en diferentes conceptos necesarios por definir con el fin de evitar errores potenciales al realizar y comparar ACV [4];

- ❖ **Proceso:** conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados [27].
- ❖ **Entrada:** flujo de producto, de materia o de energía que entra en un proceso unitario [27].
- ❖ **Flujo elemental:** materia o energía que entra al sistema bajo estudio, que ha sido extraído del medio ambiente sin una transformación previa por el ser humano, o materia o energía que sale del sistema bajo estudio, que es liberado al medio ambiente sin una transformación posterior por el ser humano [27].
- ❖ **Flujo de energía:** entrada o salida de un proceso unitario o un sistema del producto, expresada en unidades de energía [27].
- ❖ **Flujo intermedio:** flujo de producto, de materia o de energía que ocurre entre procesos unitarios del sistema del producto bajo estudio [27].
- ❖ **Proceso unitario:** elemento más pequeño considerado en el análisis del inventario del ciclo de vida para el cual se cuantifican datos de entrada y salida [27].

- ❖ **Función:** la función de un sistema del producto se refiere a las propiedades cualitativas que lo conforman, estas pueden relacionarse a características de calidad técnica (durabilidad, estabilidad, mantenimiento...), uso, disposición, estética, diseño, aspecto, imagen del producto o marca, así como a la función principal del producto en sí.
- ❖ **Unidad funcional:** la unidad funcional es un elemento primordial en el estudio que proporciona una referencia a partir de la cual se calculan y comparan (normalizan, en un sentido matemático) los datos de entrada y salida a incluir en el ACV. Es un límite importante en el análisis, que depende del objetivo y alcance a alcanzar.
- ❖ **Límites del sistema:** a la selección de procesos unitarios y sus flujos que estarán dentro o fuera de la investigación, así como a las razones por las cuales se seleccionaron o no, se le conoce como límites del sistema. Estos tienen que ser coherentes con el objetivo del estudio y son determinados por varios factores.

b) Inventario de ciclo de vida (ICV)

En el inventario se cuantifican todas las entradas y salidas de materia y energía, incluyendo todas las emisiones del sistema definido que puedan generar impactos sobre el entorno. La calidad de los datos obtenidos reflejará la calidad del estudio en general [4].

c) Evaluación de impactos (EICV)

En esta etapa se traducen todos los datos obtenidos en el ICV a impactos ambientales. Esta fase inicia con la definición de las categorías de impacto que se van a estudiar, se prosigue con la clasificación de los datos a las diferentes categorías seleccionadas, a continuación, se hace la caracterización de los mismos datos por medio de factores llamados de caracterización (es recomendable apoyarse de un software especializado para ello), y finalmente se procede a la comparación por medio de normalizaciones o valoraciones [4].

d) Interpretación

La interpretación es la fase de un ACV en el que los resultados del análisis de inventario se relacionan con el estudio de impacto. Los resultados que surgen de esa fase pueden tomar la forma

de conclusiones y observaciones para la toma de decisiones. Es posible determinar en qué fase del ciclo de vida del producto o servicio se produce el mayor impacto ambiental y, por tanto, qué puntos del sistema evaluado deben optimizarse. En los casos en que se comparan distintos productos, es posible indicar qué producto tiene un mejor rendimiento ambiental [4].

Los resultados de las anteriores fases se evalúan conjuntamente y según los objetivos definidos para el estudio, se elabora las conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones [4].

9) Sostenibilidad en la Construcción de Edificios

Actualmente los arquitectos, diseñadores y constructores, tienen la responsabilidad ética de desarrollar proyectos sustentables. La planificación urbana sostenible, la arquitectura sostenible y la construcción sostenible son términos un tanto redundantes, ya que la sostenibilidad debería ser una característica intrínseca de la planificación urbana y la arquitectura [2].

Existen muchas herramientas y factores con las cuales se puede evaluar y determinar si una construcción es sostenible o amigable con el medio ambiente.

En este caso, para designar la construcción de edificios como "verdes" denota que el desempeño de estos edificios sea eficiente en términos de consumo de energía y agua, que se protege el entorno en el que se construyen, que se minimiza el desperdicio de material durante la construcción, se aproveche la infraestructura urbana existente y minimiza el uso del transporte privado, entre otros. Como elemento complementario al diseño y construcción de edificaciones sostenible, es necesario considerar los impactos ambientales ocasionados por los procesos de extracción y producción de los materiales utilizados en la construcción [2].

Cabe señalar que los materiales pueden tener un mayor o menor impacto ambiental dependiendo de cómo se utilicen, partiendo de las decisiones que se tomen al inicio del diseño arquitectónico, como los sistemas constructivos a utilizar y cómo se gestionan en la edificación [2].

10) Declaración Ambiental de Productos de Construcción

Una declaración ambiental de producto (DAP), para productos como las edificaciones y la construcción en general, es una declaración transparente de su impacto en el ciclo de vida

(incorporando la producción, construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento de la materia prima). La DAP proporciona la información necesaria para evaluar los impactos ambientales de todo un edificio u obras de ingeniería civil [28].

De acuerdo a la Norma Internacional ISO 21930 [29], las etiquetas y declaraciones ambientales se dividen en tres tipos principales, como se muestra en la tabla 2:

TABLA II. NORMAS INTERNACIONALES DE ETIQUETA AMBIENTAL

NORMA	DESCRIPCIÓN
ISO 14020	Principios generales
ISO 14021	Declaraciones medioambientales auto declaradas, etiquetado medioambiental tipo II
ISO 14024 e ISO 14025	Principios y procedimientos de etiquetas y declaraciones ambientales, etiquetado ambiental tipos I y III

11) Sistema Aporticado en Concreto Reforzado

El sistema de pórticos es un sistema estructural formado por vigas y columnas de concreto reforzado, conectados entre sí por medio de nodos rígidos, conformando un conjunto estructural en el espacio, lo cual permite la transferencia de los momentos flectores y las cargas axiales hacia las columnas y estas a su vez transmitirlas a los cimientos para terminar disipando las fuerzas en el suelo [30].

12) Sistema Aporticado Metálico

Este sistema está conformado por vigas y columnas de acero, consistentes en perfiles, generalmente estandarizados por los fabricantes bajo ciertas normas para cumplir los estándares mínimos de calidad. Las losas de entrepiso para este tipo de estructuras, por lo general, están formadas por láminas de acero preformada (Steel deck) utilizadas como encofrado perdido para el vaciado del concreto en la obra. En este sistema estructural las uniones son del tipo articuladas o rígidas.

13) Presupuesto de Obra de Construcción

Presupuestar una obra, básicamente es determinar cómo está constituida y cuántas unidades de cada componente se requieren (composición cuantitativa) para, finalmente, aplicar precios a cada uno y obtener su valor en un momento dado.

La estimación de costos y la elaboración de presupuestos, representa uno de los pasos más importantes en lo que se refiere a la planificación de una obra. En cada etapa de la construcción, el presupuesto representa una de las bases para la toma de decisiones y, en obras de carácter público, es uno de los factores más importantes en la adjudicación de contratos. Actualmente, la gran competitividad en el sector de la construcción, hace que la estimación de costos sea una de las causas de éxito o fracaso de empresas [31].

14) Vida Útil de las Estructuras

La vida útil es el período durante el cual la estructura es capaz de realizar las funciones para las que fue diseñado, sin tener que realizar intervenciones de rehabilitación. Este periodo de tiempo de vida útil varía según la calidad de la infraestructura, la superestructura e incluso la estructura de cubierta en un edificio, de acuerdo a las condiciones de los materiales, procesos constructivos y ambiente donde fueron elaborado estos elementos.

Para este proyecto de investigación se tomó los periodos de vida útil propuesto en la investigación Useful Life of Buildings (Vida Útil de los Edificios) de Dias [32], la cual determina para la estructura de Concreto Reforzado un período de 60 años y para la estructura Metálica un período de 80 años.

15) Presupuesto Global

Presupuesto en el cual se estipula el monto total del proyecto sin diferenciar el valor por componentes. El valor corresponde a estimativos basados en la experiencia de quien elabora el presupuesto, recurriendo a la utilización de costos históricos de proyectos que se asemejan al actual, por metro cuadrado proyectado en el tiempo, considerando fenómenos como la inflación.

D. Formulación de Hipótesis

En la ciudad de Pasto, la construcción de estructuras de pórtico metálico genera menos impactos negativos al ambiente que la estructura de pórtico de concreto, ya que, la estructura metálica tiene un menor consumo de agua, de energía, genera menos desperdicios, menos emisiones a la atmosfera, por ser un sistema constructivo cuyos elementos son prefabricados y se llevan a la obra casi listos para ser montados.

VI. METODOLOGÍA

A. Tipo de Investigación

De acuerdo con las características del proyecto investigativo se puede definir como una Investigación Exploratoria, porque aborda un problema de investigación poco estudiado, lo que nos ayuda a familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocidos, mínimamente examinados o novedosos, permitiéndonos reconocer ideas o factores promisorios, e incluso distinguir posibles conexiones y relaciones entre ellos. Por otro lado, podemos describir el proyecto de estudio como una Investigación Cuantitativa, debido a que, se utilizan métodos propios de las ciencias exactas, para determina unos resultados de forma preliminar que conlleve a un análisis e interpretación de los mismos.

B. Diseño de la Investigación

La evaluación de alternativas de sistemas constructivos en el departamento de Nariño, y en general en Colombia, es una práctica poco habitual, por lo cual el tema de ACV ha sido poco explorado, por ello, esta investigación pretende proporcionar a los investigadores, planificadores, diseñadores y constructores datos preliminares que ayuden a la formulación de herramientas que permitan la elección de los materiales y procesos constructivos más sostenibles, durante la construcción y el mantenimiento de estas edificaciones.

Para lograr dicho objetivo, teniendo en cuenta que se trata de una investigación con enfoque exploratorio y cuantitativo, se propone la ejecución de las siguientes fases:

- ❖ Fase 1 Contextualización: contempla la revisión de la literatura disponible sobre ACV de los sistemas constructivos, el estudio del funcionamiento del software IE4B de Athena (Estimador de impacto para edificios, basado en la metodología del ACV) y la determinación de criterios para seleccionar una localización análoga a la ciudad de Pasto entre las disponibles en el software IE4B.

- ❖ Fase 2 Diseño: formulación de un diseño arquitectónico de un edificio tipo de cinco pisos para uso residencial, su diseño estructural con pórticos en concreto y pórticos metálicos y el cálculo de costos constructivos.
- ❖ Fase 3 ACV: estimación de los impactos ambientales producido por cada sistema estructural (aporticado en concreto reforzado y aporticado metálico) mediante la metodología ACV utilizando el software IE4B de Athena.
- ❖ Fase 4 Comparación: realizar un análisis comparativo entre los sistemas aporticado en concreto reforzado y aporticado metálico, desde el punto de vista de su impacto ambiental potencial y de los costos constructivos.

1) Selección de localización análoga a la ciudad de Pasto

Debido a que el programa Estimador de impacto para edificios IE4B, maneja algunas ciudades de Estados Unidos y Canadá como locación para el análisis de impacto ambiental de edificios, se determinó estudiar solo las ciudades de Canadá debido a la mayor biodiversidad que se maneja en este país, a continuación, se detallará cada uno de los aspectos y criterios de las locaciones que se tendrá en cuenta:

a) Ciudad de Quebec

La ciudad de Quebec es la capital de Quebec, ubicada al sureste de Canadá como se observa en la figura 1, y después de Montreal, la segunda ciudad más grande de la provincia. Es la única ciudad norteamericana que ha conservado sus murallas, junto con los numerosos baluartes, puertas y obras defensivas que aún rodean el Viejo Quebec. La Ciudad Alta, construida sobre el acantilado, sigue siendo el centro religioso y administrativo, con sus iglesias, conventos y otros monumentos como el Reducto Dauphine, la Ciudadela y el Château Frontenac. Junto con la Ciudad Baja y sus barrios antiguos, forma un conjunto urbano que es uno de los mejores ejemplos de ciudad colonial fortificada [33].

- ❖ Altitud: la Ciudad de Quebec tiene una elevación de 74 m.n.s.m [34].
- ❖ Población: la Ciudad de Quebec cuenta con 531,902 habitantes censo 2016 [35].

- ❖ Área: la superficie terrestre es de 453,38 kilómetros cuadrados con una densidad de población de 1.173,2 personas por kilómetro cuadrado. Esto se compara con el área territorial provincial de 1.356.625,27 kilómetros cuadrados con una densidad de población de 6.0 personas por kilómetro cuadrado [36].

En 2016, la Ciudad de Quebec (ciudad) tenía 252,043 viviendas privadas ocupadas por residentes habituales. La variación de las viviendas particulares ocupadas por residentes habituales a partir de 2006 fue del 2,5%. Para Canadá en su conjunto, el número de viviendas privadas ocupadas por residentes habituales aumentó un 7,1% [36].



Fig. 1. Ubicación de la Ciudad de Quebec. [37]

- ❖ Geografía: la geografía de la ciudad de Quebec tiene mucho que ver con su historia. La ubicación de la ciudad se eligió originalmente por su ubicación estratégica, la facilidad con la que se podía defender y sus vistas panorámicas del río San Lorenzo [38].

La ciudad de Quebec se encuentra donde se encuentran en la confluencia de los ríos Saint Lawrence y Saint Charles. De hecho, el nombre Québec probablemente deriva de una

palabra *algonquina* que significa, donde el río se estrecha. Situada en la costa norte del San Lorenzo, la ciudad de Quebec se encuentra en el valle del río [38].

La ciudad está construida sobre Cap-Diamant, o Cape Diamond, un acantilado alto bordeado por un acantilado afilado. Este acantilado marca una separación entre las dos secciones de la ciudad de Quebec: Ciudad Alta y Ciudad Baja. Upper Town se encuentra en la parte superior de Cap-Diamant, y está rodeado por un alto muro de piedra. La Ciudadela en forma de estrella es parte de las fortificaciones de la ciudad de Québec y también se puede encontrar en lo alto del Cabo. Las llanuras de Abraham, de importancia histórica, se encuentran junto a la Ciudadela y se extienden sobre 108 acres [38].

Al norte de la ciudad se encuentran las montañas Laurentian. Además, las cascadas más altas de la provincia de Quebec se encuentran a las afueras de la ciudad de Quebec. Las cataratas de Montmorency tienen 275 pies de altura, que en realidad son 98 pies más altas que las cataratas del Niágara [38].

- ❖ **Clima:** el clima de la ciudad de Quebec es continental, con inviernos muy fríos y veranos cálidos. La ciudad está ubicada en el sureste de Canadá, en el paralelo 46 norte, sobre el río San Lorenzo (que se congela en invierno), y es la capital de la provincia de Quebec [38]. En los días más fríos del año, la temperatura puede bajar a -30°C (-22°F) o incluso menos. En 2015, bajó a $-34,5^{\circ}\text{C}$ (-30°F). En los días más calurosos del año, puede alcanzar los $30/32^{\circ}\text{C}$ ($86/90^{\circ}\text{F}$) [39].

La temperatura media del mes más frío (enero) es de $-12,8^{\circ}\text{C}$ (9°F), la del mes más cálido (julio) es de $19,3^{\circ}\text{C}$ (67°F). Aquí están las temperaturas medias [39]. Como se observa en la figura 2.

- ❖ **Biodiversidad:** la ciudad de Quebec está rodeada de magníficos bosques, áreas naturales de todo tipo y varios parques nacionales. Basta decir que es un gran lugar para ver animales salvajes en sus hábitats naturales. A menudo se ven marmotas, ardillas rojas, puercoespines, mapaches, liebres y venados de cola blanca, alce, ballenas, osos negros, grandes gansos de nieve, castores [40].

Mientras que en el sur de Quebec y cerca del lago Saint-François a 40 km aguas arriba de Salaberry-de-Valleyfield, la Réserve nationale de faune du Lac-Saint-François es particularmente notable por su rica flora y fauna [41].

Allí encontramos más de 650 especies de plantas, de las cuales una veintena son raras o en peligro de extinción y, en algunos casos, únicas en Quebec. El medio ambiente ofrece alimento y refugio a muchas especies animales, muchas en peligro de extinción. Se han identificado 23 especies de anfibios y reptiles, 237 especies de aves y 35 especies de mamíferos [41].

Trece especies de aves acuáticas, incluyendo el ganso de Canadá, el ánade real, el pato negro americano, el pato de madera y el escarabajo común, anidan en el NWA. De las 237 especies de aves enumeradas, muchas aves terrestres y acuáticas anidan en el NWA, incluidas Northern Waterthrush, Veery y Sandhill Crane. La NWA también alberga una de las poblaciones más grandes de juncia Wren en Canadá. La salamandra de cuatro dedos, la tortuga de Blanding y la tortuga mordedora se encuentran entre los anfibios y reptiles que se observan aquí. La rata almizclera, el ratón saltador de la pradera, el murciélago marrón grande, el castor, el venado cola blanca y el coyote son algunas de las especies de mamíferos presentes [41].

- ❖ Servicio de Acueducto: el agua se toma de varias fuentes; más del 80% del agua de la ciudad de Quebec se extrae de fuentes de agua superficial como lagos y ríos, incluidos el río San Lorenzo, el lago Saint-Charles, el río Montmorency, el río Sept-Ponts y el lago Desroches. El resto lo proporcionan los recursos hídricos subterráneos [42].

La ciudad de Quebec tiene un total de 534 instalaciones de tratamiento de agua potable, que tratan las fuentes de agua superficiales hasta la calidad del agua potable utilizando los estándares establecidos por el gobierno canadiense; sin embargo, es posible que la producción de agua potable deba aumentar en un 40% para satisfacer las necesidades de la población en los meses de verano. Si se combinan todos los usos, incluidos el industrial, el individual y el de fugas, el residente medio de la capital consume 530 litros de agua al día, más del doble del consumo medio europeo [42].

- ❖ Servicio de Energía Eléctrica: con más de 40.853 MW de capacidad instalada, las centrales hidroeléctricas generan alrededor del 95% de la electricidad de Quebec. Esto incluye la planta de energía más grande de Canadá, la instalación de Robert-Bourassa de 5.616 MW en el norte de Quebec, que se encuentra actualmente en rehabilitación hasta 2022 [43].

El viento es la segunda fuente más grande de generación de electricidad en Quebec. En 2018, la capacidad eólica alcanzó los 4096 MW y representó el 4% de la capacidad de generación de la provincia. Otras fuentes de generación de electricidad incluyen gas natural (principalmente para la demanda máxima de invierno), diésel (para energía en comunidades remotas) y biomasa [43].

- ❖ Transporte público: el transporte público en la ciudad de Quebec está muy bien desarrollado. La red local de autobuses (Réseau de transport de la Capitale / RTC) opera varias rutas que sirven al área metropolitana. La frecuencia de los autobuses es bastante buena y las tarifas individuales / pases mensuales son asequibles [44].

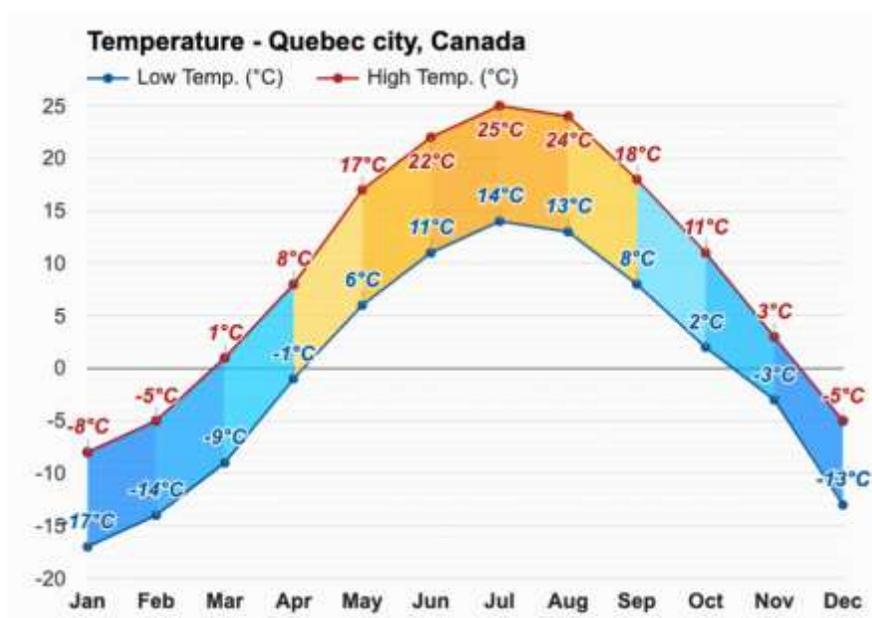


Fig. 2. Temperatura ambiente de la Ciudad de Quebec. [45].

b) Ciudad de Halifax

El municipio regional de Halifax se creó en abril de 1996, al este de Canadá, como se puede notar en la figura 3, como resultado de la fusión de las ciudades de Halifax, Dartmouth, Bedford y el municipio del condado de Halifax [46].

Halifax es una creación naval. Debe su existencia en gran parte a su ubicación en uno de los puertos naturales libres de hielo más grandes y profundos del mundo, lo que, con el tiempo, convirtió a Halifax en uno de los puertos comerciales canadienses más importantes del Atlántico [46].



Fig. 3. Ubicación de la Ciudad de Halifax. [47]

- ❖ Altitud: la Ciudad de Halifax tiene una elevación de 16 m [48].
- ❖ Población: la Ciudad de Halifax cuenta con 403,131 habitantes censo 2016 [36].
- ❖ Área: la superficie terrestre es de 5.490,35 kilómetros cuadrados con una densidad de población de 73,4 personas por kilómetro cuadrado. Esto se compara con el área territorial provincial de 52.942,27 kilómetros cuadrados con una densidad de población de 17,4 personas por kilómetro cuadrado [36].

En 2016, la Ciudad de Halifax tenía 173,324 viviendas privadas ocupadas por residentes habituales. La variación de las viviendas particulares ocupadas por residentes habituales a partir de 2006 fue del 2,8%. Para Canadá en su conjunto, el número de viviendas privadas ocupadas por residentes habituales aumentó un 7,1% [36].

- ❖ Geografía: Halifax es una gran ciudad ubicada en la provincia de Nueva Escocia, en la parte sureste de Canadá. Situada en la costa sur de Bedford Basin, Halifax es la capital de la provincia y un asentamiento ubicado justo enfrente de la ciudad de Dartmouth. Administrativamente, se considera que las áreas de ambas ciudades están incluidas en el mismo municipio. La ciudad de Halifax es uno de los principales centros comerciales de la región atlántica de Canadá [49].

El centro de la ciudad de Halifax se encuentra en la parte este del área metropolitana, con vistas a las aguas de Bedford Basin. El área del centro de la ciudad incluye solo algunos distritos como South End, North End y algunos otros. El área total del municipio de Halifax es realmente grande, ya que incluye grandes porciones de algunos parques naturales como

Long Lake Provincial Park, Blue Mountain - Birch Cove Lakes Wilderness Area y otros parques municipales más pequeños [49].

- ❖ **Clima:** en Halifax, los veranos son cómodos, los inviernos son helados y ventosos y está parcialmente nublado todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de -8°C a 23°C y rara vez baja a menos de -15°C o sube a más de 27°C [50].

La temporada templada dura 3,2 meses, del 15 de junio al 21 de septiembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 19°C . El día más caluroso del año es el 2 de agosto, con una temperatura máxima promedio de 23°C y una temperatura mínima promedio de 16°C [50].

La temporada fría dura 3,4 meses, del 9 de diciembre al 21 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 4°C . El día más frío del año es el 30 de enero, con una temperatura mínima promedio de -8°C y máxima promedio de -0°C [50].

La precipitación asciende a 1.450 milímetros (57,1 pulgadas) por año. En promedio, caen 154 cm (60,7 pulgadas) de nieve por año. En promedio, hay alrededor de 1.960 horas de sol al año. La temperatura del mar oscila entre 0°C (32°F) y 17°C (63°F) [51]. Como se indica en la figura 4.

- ❖ **Biodiversidad:** más de nueve por ciento de las especies de plantas y animales que se encuentran solo en Canadá viven en Nueva Escocia, a pesar de que la provincia solo representa alrededor del 0,6 por ciento de la superficie terrestre total del país [52].

Más del 40 por ciento de las especies endémicas nacionales que se encuentran en Nueva Escocia no se encuentran en otras jurisdicciones. Un contribuyente importante es la isla Sable, el banco de arena azotado por el viento frente a la costa de Nueva Escocia [52].

Otra especie endémica nacional que se encuentra exclusivamente en Nueva Escocia es el pescado blanco del Atlántico, en peligro crítico de extinción. Si bien una vez vivió en el mar y desovó en lagos de agua dulce, ahora no tiene salida al mar en la cuenca de Petite Rivière [52].

También solo se encuentran en la provincia las trenzas de las damas de Nueva Escocia, que es una orquídea que crece en los páramos de arena abiertos y ocasionalmente en los bordes de las carreteras en el suroeste de Nueva Escocia [52].

- ❖ Servicio de Acueducto: las cuencas hidrográficas de Pockwock Lake, Lake Major y Bennery Lake suministran agua al 99,95% de los clientes de Halifax. Cada una de estas cuencas hidrográficas tiene un área de agua protegida designada asociada a ellas. Cada PWA tiene regulaciones asociadas bajo la Ley de Medio Ambiente de Nueva Escocia [53].

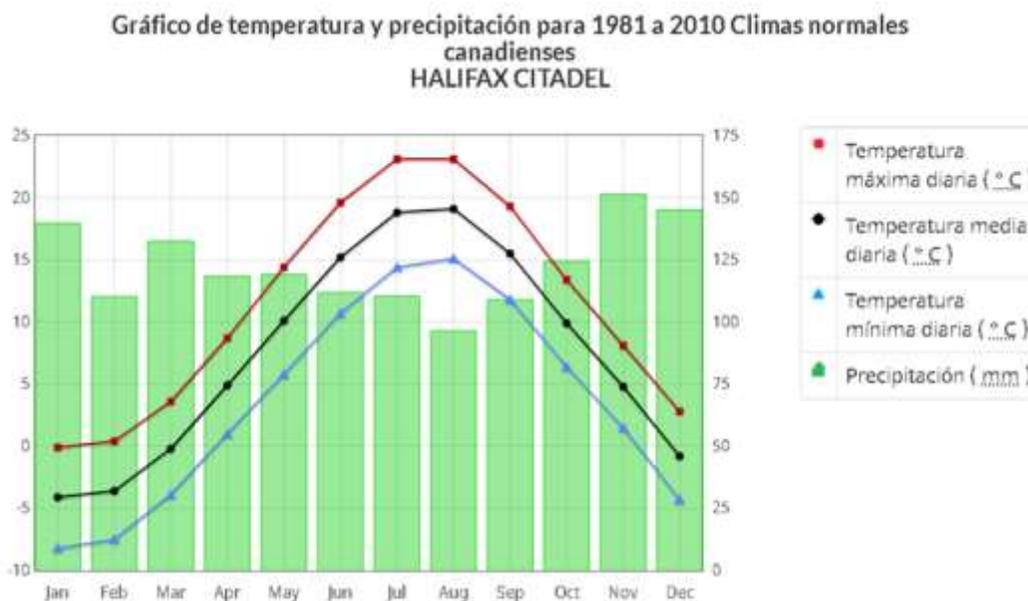


Fig. 4. Temperatura ambiente de la Ciudad de Halifax. [54].

- ❖ Servicio de energía eléctrica: la generación de carbón representó el 63.7% de la producción de electricidad en 2016 en Nueva Escocia, esto es una disminución del 77.9% en 2005. La participación del gas natural aumentó de 2.1% a 12.9% de 2005 a 2016 [55].
La energía hidroeléctrica, la eólica y la biomasa suministraron la energía renovable de Nueva Escocia en 2016. Con un 10,6%, la energía eólica fue la fuente renovable más grande, frente al 1,0% en 2005. La energía hidroeléctrica fue la segunda fuente renovable más grande en Nueva Escocia, representando el 9,1% de la generación total [55].
- ❖ Transporte público: Halifax opera un sistema de transporte público que consiste principalmente en autobuses que recorren la ciudad y sus alrededores. Si bien Halifax no tiene un sistema de metro o tren como parte de su transporte público, el tamaño relativamente pequeño de la ciudad permite la suficiencia del sistema de autobuses [56].

c) *Ciudad de Winnipeg*

La ciudad de Winnipeg es la capital y ciudad más grande de Manitoba, ubicada al sur de Canadá como se observa en la figura 5, y está ubicada en la confluencia del Río Rojo y el Río Assiniboine a 100 km al norte de la frontera con Minnesota [57].

Winnipeg es un importante centro económico y cultural de las praderas. Situada a mitad de camino entre los océanos Atlántico y Pacífico, se la ha llamado "Diana del Dominio" y, debido a su ubicación entre el Escudo Canadiense y la pradera, "Puerta del Oeste" [57].



Fig. 5. Ubicación de la Ciudad de Winnipeg. [58]

- ❖ Altitud: Winnipeg tiene una elevación de 520 m.s.n.m [59].
- ❖ Población: Winnipeg cuenta con 705,244 habitantes censo 2016 [60].
- ❖ Área: la superficie terrestre es de 464,08 kilómetros cuadrados con una densidad de población de 1.430,0 personas por kilómetro cuadrado. Esto se compara con el área territorial provincial de 552,329.52 kilómetros cuadrados con una densidad de población de 2.2 personas por kilómetro cuadrado [61].

En 2011, Winnipeg (ciudad) tenía 268,753 viviendas privadas ocupadas por residentes habituales. La variación de las viviendas particulares ocupadas por residentes habituales a partir de 2006 fue del 2,9%. Para Canadá en su conjunto, el número de viviendas privadas ocupadas por residentes habituales aumentó un 7,1% [61].

Hay 237 vecindarios en la ciudad de Winnipeg en la actualidad, 194 de estos vecindarios tienen estadísticas del censo asociadas a ellos. Los otros 43 vecindarios son áreas industriales o no desarrolladas que tienen poblaciones por debajo de 100 personas y, como tales, Statistics Canada suprime las cifras [62].

- ❖ Geografía: la "Puerta de entrada al oeste", la ciudad de Winnipeg disfruta de una posición de borde oriental en las praderas canadienses y en el fondo del Valle del Río Rojo. Se encuentra cerca de muchos lagos grandes de Canadian Shield, como el lago Winnipeg. Su oeste y sur están bordeados por praderas de pastos altos y su noreste por el parque de álamos. La geografía de Winnipeg presta su clima húmedo y alta susceptibilidad a las inundaciones [63].

El lago Winnipeg se compone de dos cuencas; una amplia cuenca norte y una estrecha cuenca sur. El río Nelson, la única salida de este lago, avanza hacia el norte desde la cuenca norte hasta Hudson Ray. Por otro lado, el río Rojo desemboca en la cuenca sur con abundantes cargas de lodo y nutrientes arrastrados por la pradera. La ciudad de Winnipeg está situada en la parte superior del río Rojo en el corazón de Manitoba. El lago es tan poco profundo a pesar de su extensa área que el agua permanece siempre fangosa debido a las olas y la mezcla turbulenta de los fuertes vientos. La densidad de población en la cuenca de drenaje es todavía muy baja, pero el lago ha sido bastante eutroficado por la carga de nutrientes del Río Rojo y otros ríos que afluyen [64].

- ❖ Clima: la temperatura media anual en Winnipeg es de 2,8 °C. El mes más cálido, en promedio, es julio con una temperatura promedio de 20 ° C. El mes más frío en promedio es enero, con una temperatura promedio de -16.7 ° C [65]

La temperatura más alta registrada en Winnipeg es 37.8 °C, que se registró en agosto. La temperatura más baja registrada en Winnipeg es de -40 °C, que se registró en enero, [61]

La cantidad promedio de precipitación para el año en Winnipeg es 513.1 mm. El mes con la mayor precipitación en promedio es junio con 81.3 mm de precipitación. El mes con menor precipitación en promedio es enero con un promedio de 20.3 mm [65]. Como se muestra en la figura 6.

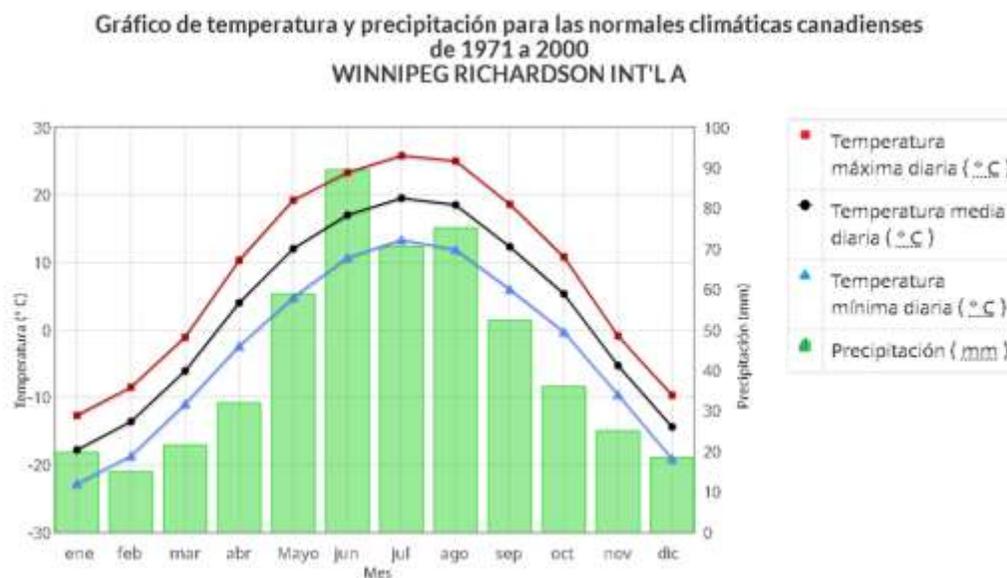


Fig. 6. Temperatura ambiente de la Ciudad de Winnipeg. [66]

- ❖ Biodiversidad: Winnipeg se encuentra en la parte de Tall Grass Prairie de la Prairies Ecozone. Las Praderas son una zona dominada por pastos y plantas herbáceas. La pradera de hierba alta está dominada por especies de hierba más altas como Big Bluestem. Los pastos altos dominantes, como el gran tallo azul y la hierba de lanza, y una colorida variedad de flores silvestres como el aster, la vara de oro, el azafrán de la pradera y la zapatilla de dama, sobreviven en la pradera de hierba alta. Los tipos de bosques como Aspen Forest, Oak Forest y Riverbottom Forest también son comunes. Winnipeg se encuentra dentro del Valle del Río Rojo, donde el río Assiniboine desemboca en el Rojo. El Valle del Río Rojo tiene un suelo negro rico de textura fina, también conocido como suelo chernozemic, que se compone principalmente de depósitos de sedimentos de arcilla del Río Rojo. Aunque el paisaje tiene un drenaje superficial bastante bueno, tiene un drenaje interno lento que crea pequeños humedales depresivos aleatorios como pantanos, estanques y marismas [67]. En el pasado, el bisonte, el antílope, el venado bura, los osos pardos y los lobos eran comunes en la zona que se ha convertido en Winnipeg. A medida que el paisaje ha cambiado, estos animales ya no se encuentran vagando por las llanuras alrededor de Winnipeg. Con la expansión de la agricultura en la región y la restricción de los incendios forestales en las praderas, ha habido un aumento en los pequeños acantilados de árboles ubicados alrededor del área. Esta transición lo ha convertido en un hábitat ideal para

especies como el venado cola blanca que alguna vez solo vivió más al sureste. Sin embargo, algunos de los animales más pequeños de Tall Grass Prairie todavía se pueden encontrar alrededor de Winnipeg. Están la ardilla terrestre de Richardson, la liebre de cola blanca, el zorro rojo y las marmotas, solo por nombrar algunos [67].

- ❖ Servicio de Acueducto: el agua potable de Winnipeg proviene del lago Shoal, que forma parte del lago de los bosques. Es un gran lago aislado en la esquina sureste de Manitoba, en la frontera entre Manitoba y Ontario [68].
- ❖ Servicio de Energía Eléctrica: Manitoba Hydro es una Crown Corporation provincial y una de las mayores empresas integradas de distribución de electricidad y gas natural de Canadá, con sede principal en la ciudad de Winnipeg. Aproximadamente el 96% de la electricidad que se produce es energía limpia y renovable generada en 15 centrales hidroeléctricas en los ríos Nelson, Winnipeg, Saskatchewan, Burntwood y Laurie [69]. Las restantes necesidades eléctricas de la provincia se cubren mediante: 2 estaciones de generación térmica; 4 estaciones generadoras de diésel remotas; Compras de energía eólica de parques eólicos independientes en Manitoba.
- ❖ Transporte Público: existe una extensa red de autobuses que operan dentro de la ciudad de Winnipeg. Winnipeg Transit posee y opera una flota de 640 autobuses con 48 rutas que pasan por el centro a diario [70].
Línea AZUL de tránsito rápido es un servicio relativamente nuevo que proporciona un servicio frecuente y confiable entre el centro de Winnipeg, la Universidad de Manitoba y St. Norbert [70].

d) San Juan De Pasto

El municipio de Pasto es la capital administrativa del departamento de Nariño, está ubicado en el centro oriente del departamento, al sur occidente de Colombia como se muestra en la figura 7, político-administrativamente se divide en 12 comunas y 17 corregimientos. Ocupa una superficie de 6.181 kilómetros cuadrados, su cabecera municipal se ubica a una altitud de 2.527 metros sobre el nivel del mar [71].

- ❖ Altitud: la Ciudad de Pasto tiene una elevación de 2.527 msnm [71].

- ❖ Población: la Ciudad de Pasto cuenta con 455.678 habitantes censo 2018 [72].



Fig. 7. Ubicación de la Ciudad de pasto. [73]

- ❖ Área: la superficie terrestre es de 1.131 kilómetros cuadrados con una densidad de población de 402,90 personas por kilómetro cuadrado. Esto se compara con el área territorial del departamento de 33.268 kilómetros cuadrados con una densidad de población de 48,92 personas por kilómetro cuadrado [74].
- ❖ Geografía: Pasto, está ubicada en la región centro oriental de los andes en el departamento de Nariño, limitado al norte con los municipios de Taminango y San Lorenzo. Al oriente con los municipios de Buesaco y Valle Sibundoy en el departamento del putumayo, al sur con los municipios de Córdoba y al occidente con los municipios de Tambo la Florida y Tangua. Su extensión es de 1.194 kilómetros cuadrados y su población rural es de 48.374 habitantes. La ciudad de Pasto, cabecera municipal y capital del Departamento de Nariño, está situada a 1° 13' y 16" de latitud norte y 77°, 17' y 2" de longitud al oeste de Greenwich [75]. En el costado occidental se localiza el volcán galeras (4.264m). Entre otros accidentes geográficos se destacan el volcán Patascoy (4.1009m), los cerros Campanero, Caballo Rucio, Morasurco, el cual es el indicador climático para los habitantes de la región, según

el dicho popular: “Morasurco nublado, pastuso mojado”; el páramo de Bordoncillo (3.700 m), el Valle de Atrís, donde se encuentra la ciudad de Pasto y pueblos aledaños y el Valle del Río Guamués [75].

- ❖ **Clima:** el clima de Pasto se clasifica como cálido y templado. El promedio de lluvia total anual es de 150 mm. Esto es cierto incluso para el mes más seco. Esta ubicación está clasificada como Cfb por Köppen y Geiger. La temperatura media anual es 11.2 °C en Pasto. Hay alrededor de precipitaciones de 2135 mm [76].
- ❖ **Servicio de Acueducto:** Empopasto produce un promedio mensual de 1.5 millones de metros cúbicos de agua potable, en las plantas de Centenario, Mijitayo y San Felipe para abastecer a 86 mil usuarios en la Ciudad de Pasto [77].
- ❖ **Servicio de Energía Eléctrica:** el suministro de energía eléctrica en el departamento de Nariño es prestada por Centrales Eléctricas De Nariño, el cual cuenta con 4 Centrales Hidroeléctricas Rio Mayo, Rio Bobo, Rio Sapuyes y Julio Bravo; esta última se encuentra en proyecto de repotenciación, contando con una capacidad instalada de 26.5 Mw y una generación promedio anual de 150GWh.; que cubre el 20 % de la demanda del mercado de Nariño – Cauca [78].
- ❖ **Transporte público:** el Sistema Estratégico de Transporte Público de Pasto (SETP), es un proveedor de transporte público en Pasto que opera rutas de Autobús. SETP tiene 19 rutas de Autobús en Pasto con 739 paradas de Autobús [79].
Sus rutas de Autobús cubren un área desde el Norte de (Pasto) con una parada en 1005 Genoy hasta el sur de (Pasto) con una parada en Coba Negra. Su parada más al oeste es Coba Negra (Pasto) y la parada más al este es 3005 La Laguna (Pasto) [79].

TABLA III. CUADRO COMPARATIVO ENTRE CIUDADES

Ciudad	Poblacion	Altitud (m)	Area (KM ²)	Densidad Habitantes/Km ²	Topografía	Energia Eléctrica
San Juna de Pasto	455678	2527	1132	402,5	Montañosa	Hidroeléctrica
Winnipeg	705244	520	464,1	1430	Ondulado	Hidroeléctrica
Halifax	403131	16	5490,4	73,4	Plana	Carbón
Quebec	531902	74	453,4	1.173,2	Plana	Hidroeléctrica

e) Ciudad Elegida

Para el desarrollo de la investigación se elige la ciudad de Winnipeg como locación análoga a la ciudad de Pasto debido a sus condiciones geográficas, ya que, se encuentra en medio del valle del Río Rojo y bordeada del Escudo Canadiense. Además, está en la confluencia de grandes ríos como el río Rojo y el río Assiniboine, se encuentra en las inmediaciones de lago Winnipeg (undécimo lago de agua dulce más grande del mundo). Por otro lado, cuenta con enormes extensiones de praderas de pastos altos al igual que parques como el bosque de olmos, cuenta con una gran biodiversidad de pastos y plantas herbáceas, así como, una colorida variedad de flores silvestres y tránsito de animales como el bisonte, el antílope, el venado bura, osos pardos, lobos, entre otros. A su vez, posee una fuente de energía eléctrica producida por medio de hidroeléctricas y por ser una ciudad relativamente pequeña su transporte público está basado en una flota de buses y taxis que suplen la necesidad de transporte de la ciudad. Todas estas condiciones en cuanto a la geografía, la biodiversidad, la fuente de energía y transporte, hace a Winnipeg una ciudad con características similares a la ciudad de Pasto.

2) Diseño Tipo de Edificio Residencial

Se realizó un análisis y diseño estructural de un Edificio de cinco niveles con remate en cubierta, ubicado en el departamento de Nariño, en el municipio de Pasto, bajo los parámetros establecidos por la norma sismo resistente de 2010 (NSR-10), para estructuras aporticadas, apuntando hacia un diseño adecuado, tanto desde el punto de vista funcional como económico.

Las edificaciones tipo se elaboraron con un sistema aporticado en concreto reforzado y sistema aporticado metálico, con once ejes en un sentido, seis ejes en el sentido transversal con luces entre ejes de 4.5 metros en las dimensiones menores y 4.9 metros de luz entre ejes en las dimensiones mayores, con el mismo diseño arquitectónico para los dos tipos de estructura, y con un área de construcción 842 metros cuadrados aproximadamente, como se observa en la figura 8. Del análisis estructural de los sistemas aporticados se obtuvieron los siguientes datos:

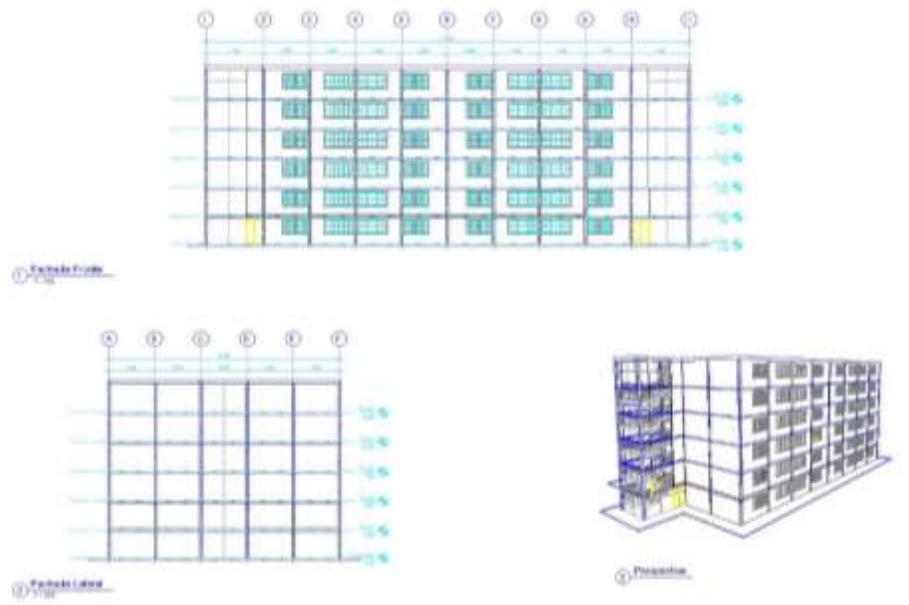


Fig. 8. Fachada de edificio Tipo

a) *Estructura en Concreto Reforzado*

- ❖ Entrepiso: Para todos los entrepisos se determina usar una placa aligerada en una dirección de altura de 25 cm. Altura de entrepiso de 3 m, nivel de desplante de 1,2 m.
- ❖ Columnas: la estructura del edificio en concreto cuenta con 58 columnas de sección de 50cmX60cm para los pisos del 1 a 3, en los pisos 4 a 5 se utilizó columnas de sección de 45cmX60cm.
- ❖ Vigas Cargueras: Se determino usar vigas de sección de 40cmX45cm para todos los pisos.
- ❖ Vigas de Amarre: Se determino usar vigas de sección de 40cmX45cm para los pisos del 1 a 3 y en los pisos 4 a 5 se utilizó vigas de sección de 35cmX45cm.
- ❖ Cimentación: para la cimentación se decidió utilizar un sistema de zapatas con vigas de cimentación, 28 zapatas centrales de 2.3m X 2.3m de dimensión, 26 zapatas de lindero de 1.9m X 1.9m de dimensión y 4 zapatas esquineras de 1.5m X 1.5m de dimensión.

b) Estructura Metálica

- ❖ Entrepiso: para todos los entrepisos se determina usar una placa colaborante Steel-Deck calibre 22 (0.75mm)
- ❖ Columnas: la estructura del edificio metálico cuenta con 58 columnas de perfil HP18X135
- ❖ Vigas Cargueras: se determinó usar vigas de perfil W18X86
- ❖ Vigas de Amarre: Se determino usar vigas de perfil W18X65
- ❖ Vigas Riostras: Se determino usar vigas de perfil W14X30
- ❖ Cimentación: para la cimentación se decidió utilizar un sistema de zapatas con vigas de cimentación, 28 zapatas centrales de 1.9m X 1.9m de dimensión, 26 zapatas de lindero de 1.6m X 1.6m de dimensión y 4 zapatas esquineras de 1.5m X 1.5m de dimensión.

3) Estimación de Impactos Ambientales

La estimación de los impactos ambientales de las edificaciones residenciales tipo en estructura de concreto armado y estructura metálica, se realizó por medio del programa estimador de impacto para edificios IE4B, basado en el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) que nos permite obtener una información ambiental de la fabricación de materiales, incluida la extracción de recursos y el contenido reciclado, transporte relacionado, construcción en el sitio, tipo de edificio y vida útil supuesta, variación regional en el uso de energía, transporte y otros factores, efectos de mantenimiento y reemplazo, demolición y disposición. Según los resultados que solicite el usuario, se accede a las bases de datos para cuantificar todo el material del ciclo de vida y el uso de energía.

Una vez obtenido los diseños de las estructuras de las edificaciones residenciales tipo, se procede a ingresar los datos para la modelación de las infraestructuras en el programa estimador de impactos para edificio, los cuales incluyen, la ubicación geográfica (se selecciona la ciudad más representativa de América del Norte), la vida útil del edificio y si está ocupado por el propietario o es una propiedad de alquiler (esto afecta los programas de mantenimiento y reemplazo) y, si lo desea, valores de consumo de energía de funcionamiento anual. Como se observa en la figura 9.

Fig. 9. Recuadro general del programa IE4B

Luego se prosigue con los cuadros de que solicitan describir los diferentes ensamblajes, en donde, se configura el ancho, la luz y la carga viva de un ensamblaje de piso, por ejemplo, que juntos forman un diseño de construcción conceptual de toda la edificación.

El Estimador de impacto proporciona instantáneamente implicaciones de la cuna a la tumba en términos de:

- ❖ Potencial de calentamiento global
- ❖ Potencial de acidificación
- ❖ Potencial de efectos respiratorios para la salud humana
- ❖ Potencial de agotamiento del ozono
- ❖ Potencial de smog fotoquímico
- ❖ Potencial de eutrofización
- ❖ Consumo de combustibles fósiles

Estas medidas se basan en métodos de estimación de impacto de punto medio desarrollados por la EPA de EE. UU. e informados en su Herramienta para la reducción y evaluación de impactos químicos y ambientales.

C. Procesamiento de la información

El procesamiento de datos se realizó por medio del programa de ETABS en su versión evaluativa. Software, que determina las acciones de carga y las fuerzas resistentes de los elementos estructurales de las edificaciones tipo. Bajo las consideraciones de la NSR-10.

Una vez obtenido los datos de las estructuras de la edificación, se procesa la información a través del programa estimador de impactos para edificios, que funciona bajo unas bases de datos complejas de la metodología ciclo de vida en segundo plano y nos da un análisis completo del ACV de las estructuras.

A continuación, se detallará los procesos antes mencionados:

1) Procesamiento de datos con el programa ETABS

El software ETABS, determina las acciones de carga y las fuerzas resistentes de los elementos estructurales. Bajo las consideraciones de la NSR-10. El proceso de análisis y diseño se fundamenta en el análisis de las solicitaciones mediante un cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales de rigidez, formando todos los elementos que definen la estructura: columnas, vigas, losas y zapatas.

a) Datos Generales

TABLA IV. DATOS GENERALES PARA PORTICO EN CONCRETO

PORTICO DE CONCRETO	
F'c (Mpa)	25
Wc (Kg/m ³)	2500
Fy (Mpa)	420
Ec (Mpa)	23875,2
Es (Mpa)	210000

TABLA V. DATOS GENERALES PARA PORTICO METALICO

PORTICO METALICO						
Especificacion ASTM	Modolu de Elasticidad (Mpa)	Esfuerzo de Fluencia Fy (Mpa)	Esfuerzo Minimo Especificado Fu (Mpa)	Factor de Relacion de Fluencia (Ry)	Factor Relacion Minimo Espesor Ri	F'c (Mpa)
A572 Gr50	200000	345	450	1,1	1,1	25

b) Zona de amenaza sísmica

Tomando el espectro a utilizar en la Norma NSR-10, y sabiendo que San Juan de Pasto se encuentra en una Zona 5 para valores de coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva (A_a) y Zona 5 para valores de coeficiente de velocidad horizontal pico efectiva (A_v), tenemos que para Pasto $A_a = 0.25$ y $A_v = 0.25$ para una zona de amenaza sísmica Alta.

c) Definición del Tipo de Perfil de Suelo

Para el diseño de la estructura en concreto armado y la estructura metálica se asume un perfil de suelo Tipo C. De acuerdo, con el estudio de zonificación por velocidad de ondas de corte a 30 m (v_{s30}) en la ciudad de San Juan de Pasto [80], es uno de los tipos de perfiles de suelo más habituales en la ciudad Pasto.

d) Efectos locales

De título A (A.2.4.5.5) de la Norma Sismo Resistente Colombiana (NSR-10) obtenemos la tabla A.2.4-3 (NSR-10) de la que se toman los valores del coeficiente F_a que amplifica las ordenadas del espectro en roca para tener en cuenta los efectos de sitio en el rango de períodos cortos del orden de T_0 . Para la ciudad de Pasto $A_a = 0.25$ y para el perfil de suelo C tenemos que $F_a = 1.15$

De título A (A.2.4.5.6) de la Norma Sismo Resistente Colombiana (NSR-10) obtenemos la tabla A.2.4-4 (NSR-10) donde se dan los valores del coeficiente F_v que amplifica las ordenadas del espectro en roca para tener en cuenta los efectos de sitio en el rango de períodos intermedios del orden de 1s. Para la ciudad de Pasto $A_v = 0.25$ y para el perfil de suelo C tenemos que $F_v = 1.55$.

e) Coeficiente de importancia

En las Estructuras de ocupación normal se clasifica como Grupo I, por ende, tenemos un coeficiente de importancia $I = 1.00$

f) Espectro de Diseño NSR-10

Finalmente obtenemos la información con el cual se modela las estructuras como se muestran en la figura 11. Con los datos de la tabla VI, se realiza la curva de espectro de aceleraciones horizontales elástico del umbral de daño como fracción de g , lo cual, representa el sismo de diseño de los elementos estructurales del pórtico metálico y pórtico en concreto, como se muestra en la figura 10:

TABLA VI. DATOS BÁSICOS DEL ESPECTRO NSR-10

DATOS BÁSICOS DEL ESPECTRO NSR-10	
Aa	0.25
Av	0.25
Fa	1.15
Fv	1.55
I	1

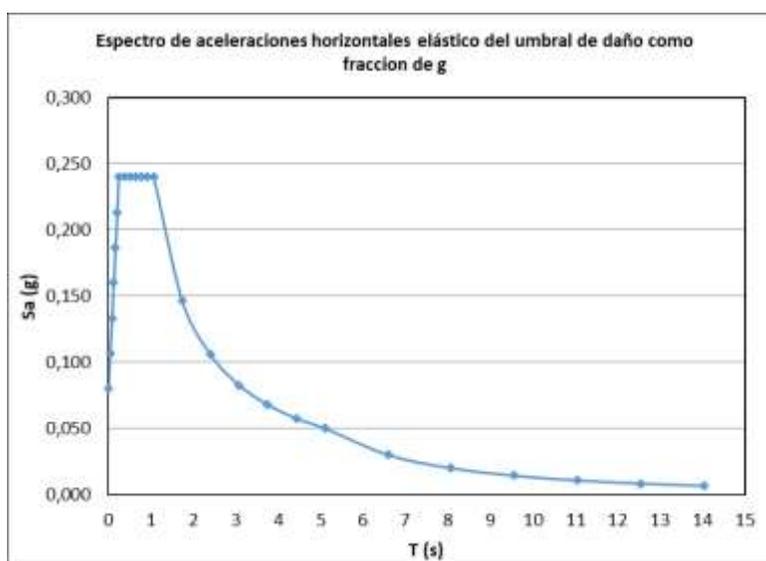


Fig. 10. Espectro de aceleraciones horizontales elástico del umbral de daño como fracción de g

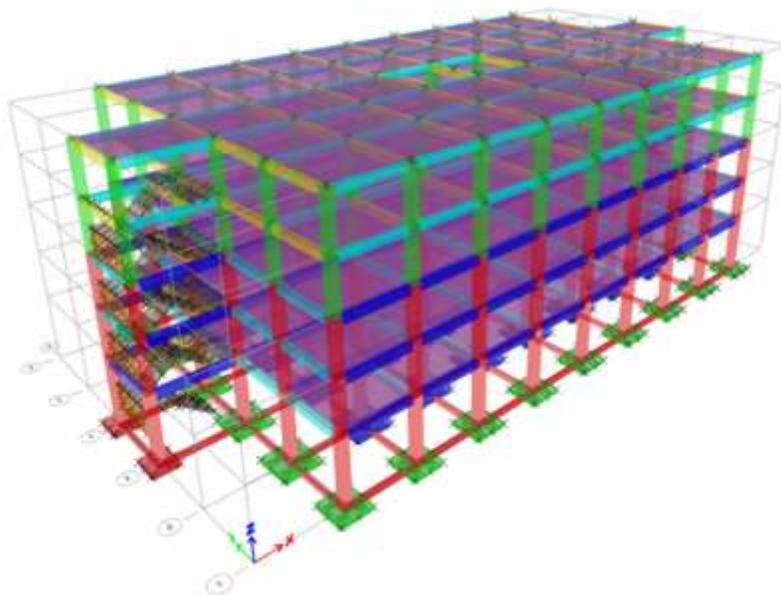


Fig. 11. Distribución de vigas, columnas, zapatas y vigas de cimentación, de la estructura en concreto y estructura metálica

2) Procesamiento de datos con el programa estimador de impactos para edificios IE4B

El programa estimador de impactos para edificios IE4B funciona bajo unas bases de datos complejas de la metodología ciclo de vida en segundo plano, lo que significa que solo se necesita abordar las entradas sobre la naturaleza física del edificio. Un edificio se describe a través de varios recuadros de diálogo, con ayuda emergente específica del contexto disponible para cada uno, como se muestra en los siguientes pasos.

1. Recopilación de la información general: ubicación del edificio, tipo de edificio, área, altura y vida útil. Estos factores desencadenarán cálculos internos específicos. Por ejemplo, la región geográfica es importante para la realización del análisis, ya que aplican en redes eléctricas adecuadas, modos y distancias de transporte y tecnologías de fabricación de productos según la ubicación del edificio.
2. Creación de ensamblajes: paredes, techos, etc. Los usuarios describen rápidamente los ensamblajes de los edificios a través de cuadros de diálogo que solicitan información simple como longitud entre luces, los sistemas estructurales y las cargas; luego, el software aplica

algoritmos estructurales para calcular una lista de materiales. Los usuarios tienen flexibilidad para agregar o quitar materiales según sea necesario. Como se observa en la figura 12.

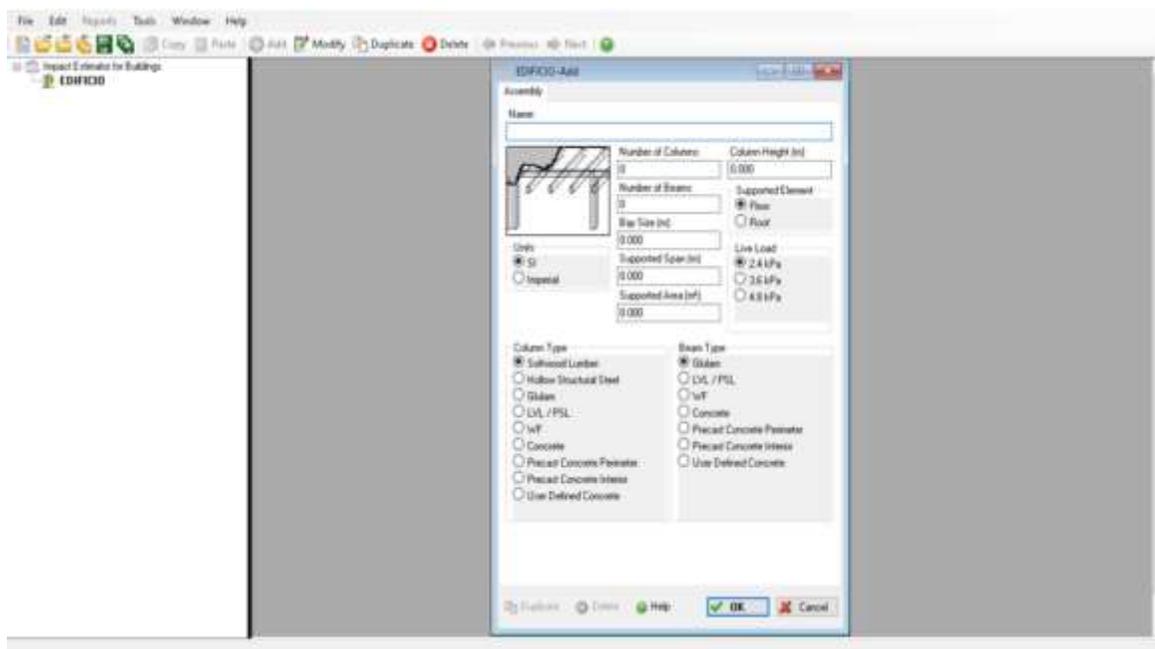


Fig. 12. Cuadro de Ensamble de la Estructura programa IE4B

3. Generación de reporte: Cuando el modelo está completo, los usuarios pueden generar resultados en una variedad de categorías y formatos. Se ponen en acción una serie de cálculos de fondo y actividades de acceso a la base de datos, según los resultados que solicite el usuario. Se accede a las bases de datos para cuantificar todo el material del ciclo de vida y el uso de energía. Se accede a la base de datos de Athena ICV para calcular un inventario del ciclo de vida. Y se aplica la metodología TRACI desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, para crear modelos precisos de estudios de evaluación del ciclo de vida (ACV) de productos o servicios. El programa reporta datos de huella para las siguientes medidas de impacto ambiental consistentes con la última metodología TRACI de la EPA de EE. UU.: potencial de calentamiento global, potencial de acidificación, partículas para la salud humana, potencial de agotamiento del ozono, potencial de smog y potencial de eutrofización. El Estimador de impacto también informa sobre el consumo de combustibles fósiles. El IE4B tiene en cuenta los impactos ambientales

de las siguientes etapas del ciclo de vida: fabricación de materiales, incluida la extracción de recursos y el contenido reciclado; transporte relacionado; construcción en sitio; efectos de mantenimiento y sustitución; y demolición y eliminación. Como se muestra en la figura 13.

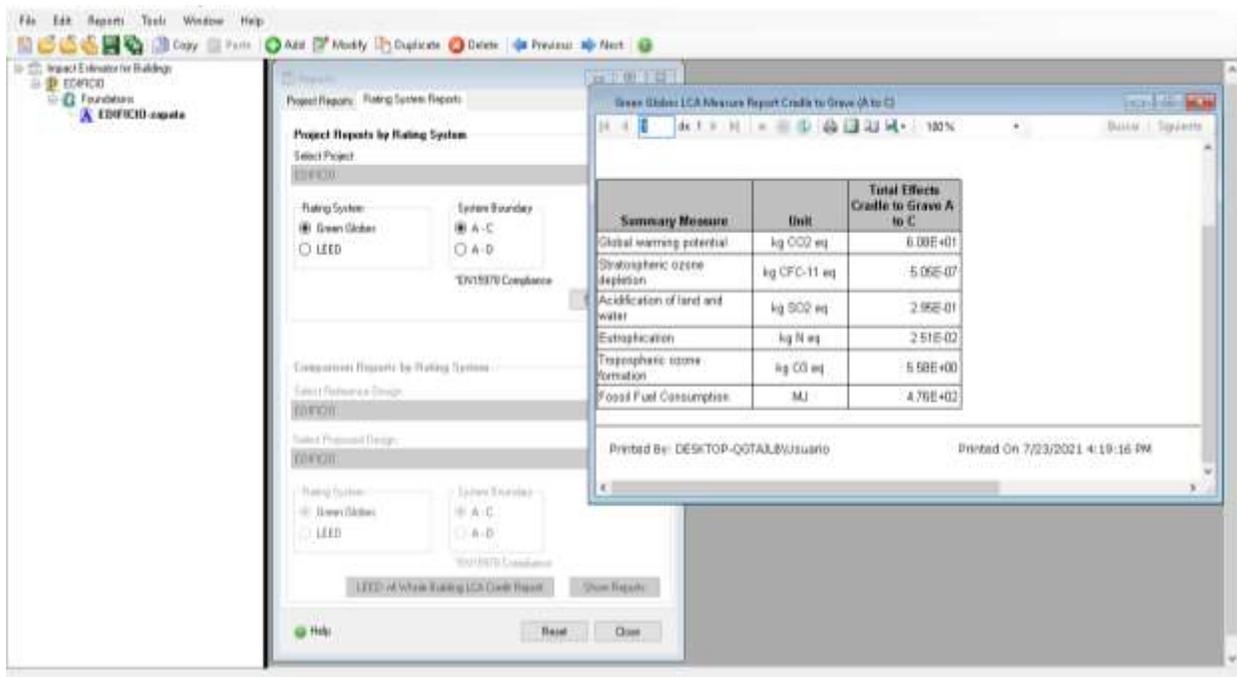


Fig. 13. Recuadro de Reporte programa IE4B

El programa tiene una versatilidad que le permite adaptarse a múltiples comparaciones a la vez, el IE4B posibilita cambiar el diseño a los usuarios, sustituir materiales y hacer comparaciones lado a lado para cualquiera o todos los indicadores de impacto ambiental. También permite a los usuarios comparar proyectos similares con diferentes áreas de piso en una unidad de área de piso.

VII. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los resultados arrojados por el programa Estimador de Impactos para Edificios IE4B, revela información completa sobre el impacto de cada etapa del ciclo de vida de acuerdo a los datos del diseño de la Estructura en Concreto Reforzado y Estructura Metálica suministrados al software. Para la evaluación del impacto se han considerado factores que incluyen el potencial de calentamiento global, potencial de eutrofización, consumo de combustibles fósiles, partículas HH, potencial de smog, el cual, se calcula por medio de una complejas base de datos en segundo plano, que funciona con la recopilación de información como ubicación del edificio, tipo de edificio, área, altura y vida útil, adicionando las características propias de cada elemento que componen las estructuras, luego, el software procesa y cuantifica todos los impactos de los materiales e inventario consumo de energía que componen el proyecto como se puede observar en las tablas VII a X, de donde, se obtienen la siguiente información.

- ❖ Potencial de acidificación: la acidificación es un impacto más regional que global que afecta la salud humana cuando es alta. El potencial de acidificación de una emisión al aire o al agua se calcula sobre la base de kg de dióxido de azufre (SO₂) equivalente.
- ❖ Potencial de eutrofización acuática: la eutrofización es la fertilización de las aguas superficiales por nutrientes que antes eran escasos. Esto puede conducir a una cadena de consecuencias adicionales que van desde los malos olores hasta la muerte de los peces. El resultado calculado se expresa en kg de nitrógeno (N) equivalente.
- ❖ Potencial de Calentamiento Global (PCG): el potencial de calentamiento global es una medida de referencia. La metodología y la ciencia detrás del cálculo de CPG pueden considerarse una de las categorías de ACV más aceptadas. El CPG se expresará en base de kg de dióxido de carbono (CO₂) equivalente o toneladas de CO₂ equivalente.
- ❖ Partículas en la salud humana (HH): material particulado de varios tamaños (PM₁₀y PM_{2.5}) tienen un impacto considerable en la salud humana. El Instituto utilizó el factor de caracterización "Human Health Particulates from Mobile Sources" de TRACI, en material particulado 2.5 (PM) equivalente, en el conjunto final de indicadores de impacto.
- ❖ Potencial de agotamiento del ozono: el potencial de agotamiento del ozono estratosférico da cuenta de los impactos relacionados con la reducción de la capa protectora de ozono

dentro de la estratosfera causada por las emisiones de sustancias que agotan el ozono. El indicador se mide en kg de triclorofluorometano (CFC-11) equivalente.

- ❖ Potencial de smog: bajo ciertas condiciones climáticas, las emisiones atmosféricas de la industria y el transporte pueden quedar atrapadas a nivel del suelo donde, en presencia de la luz solar, producen smog fotoquímico, un síntoma del potencial de creación de ozono fotoquímico (POCP). Si bien el ozono no se emite directamente, es un producto de las interacciones de los compuestos orgánicos volátiles (COV) y los óxidos de nitrógeno (NOx). El indicador de “smog” se expresa en kg de ozono (O₃) equivalente.
- ❖ Consumo total de energía primaria: el consumo total de energía primaria se informa en megajulios (MJ). La energía primaria incorporada incluye toda la energía, directa e indirecta, utilizada para transformar o transportar materias primas en productos y edificios, incluida la energía inherente contenida en materias primas o materias primas que también se utilizan como fuentes de energía comunes.
- ❖ Consumo de energía no renovable: el consumo de energía no renovable se informa en megajulios (MJ) y es un subconjunto del consumo total de energía primaria e incluye todos los combustibles fósiles y nucleares.
- ❖ Consumo de combustibles fósiles: el consumo de combustibles fósiles se informa en megajulios (MJ) y es un subconjunto del consumo total de
- ❖ A1 Abastecimiento de materia prima: extracción de los recursos primarios
- ❖ A2 Transporte: todo el transporte de materia prima hasta la puerta de la planta de fabricación.
- ❖ A3 Fabricación: transformación de materias primas en productos.
- ❖ A4 Transporte: transporte de materiales desde la planta de fabricación hasta el sitio de construcción.
- ❖ A5 Proceso de construcción-instalación: uso de energía de equipos de construcción
- ❖ B1 Producto instalado en uso: no aplica (actualmente información insuficiente en metodología y datos para abordar este módulo)
- ❖ B2 Mantenimiento: las superficies pintadas se mantienen (es decir, se vuelven a pintar), pero no se incluyen aspectos de mantenimiento anual.
- ❖ B3 Reparación: no aplica (actualmente no está bien respaldado con datos).

- ❖ B4 Reemplazo: efectos A1-A5 de los materiales de reemplazo y efectos C1, C2, C4 de los materiales reemplazados.
- ❖ B5 Reforma: no aplica n/a (este módulo se aplica a futuras renovaciones conocidas y debe abordarse caso por caso, si corresponde).
- ❖ B6 Uso de energía operativa: extracción primaria de energía, producción, entrega y uso. Datos proporcionados por el calculista si se tienen.
- ❖ C1 Demolición: uso de energía del equipo de demolición.
- ❖ C2 Transporte: transporte de materiales del sitio al vertedero.
- ❖ C3 Procesamiento de residuos: La mayoría de los datos de materiales no incluyen los efectos del procesamiento de desechos; sin embargo, los datos de la metodología de "carga evitada" de metales más nuevos sí incluyen los efectos del procesamiento de desechos.
- ❖ C4 Eliminación: Uso de energía del equipo de la instalación de eliminación y efectos del vertedero
- ❖ D Beneficios y cargas más allá de los límites del sistema: Secuestro de carbono y reciclaje de metales.

También se obtuvo un análisis detallado del consumo de energía del inventario del ciclo de vida de los materiales para la construcción de la estructura de concreto armado y estructura metálica, los cuales se describen en las tablas XI a XIV.

TABLA VII. EVALUACION ACV DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO HASTA ETAPA USO

Evaluacion Del Analisis Del Ciclo De Vida Por Etapas

Proyecto: ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO

Medidas ACV	Unidades	PRODUCCION (A1 to A3)			PROCESO DE CONSTRUCCIÓN (A4 & A5)			USO (B2, B4 & B6)			Total
		Fabricación	Transporte	Total	Proceso de Construcción- Instalación	Transporte	Total	Fabricación de reemplazo	Transporte de reemplazo	Energía De uso operacion Total	
Potencial De Calentamiento Global	kg CO2 eq	5,36E+05	5,94E+03	5,42E+05	4,53E+04	2,41E+04	6,94E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Potencial De Acidificación	kg SO2 eq	2,24E+03	5,72E+01	2,29E+03	3,72E+02	2,32E+02	6,04E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Partículas HH	kg PM2.5 eq	8,30E+02	3,16E+00	8,33E+02	2,39E+01	1,28E+01	3,68E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Potencial De Eutrofización	kg N eq	1,98E+02	3,55E+00	2,02E+02	2,62E+01	1,44E+01	4,06E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Potencial De Agotamiento Del Ozono	kg CFC-11 eq	4,66E-03	2,07E-07	4,66E-03	2,33E-04	8,41E-07	2,34E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Potencial De Smog	kg O3 eq	3,32E+04	1,80E+03	3,50E+04	1,06E+04	7,32E+03	1,79E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energía Primaria Total	MJ	5,48E+06	8,66E+04	5,57E+06	5,29E+05	3,52E+05	8,81E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energía No Renovable	MJ	5,17E+06	8,66E+04	5,25E+06	5,14E+05	3,51E+05	8,65E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Consumo De Combustibles Fósiles	MJ	3,93E+06	8,64E+04	4,02E+06	4,90E+05	3,51E+05	8,41E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Descripciones de las etapas del ciclo de vida:

- ❖ Uso: B2, B4, tienen valores de cero, debido al alcance del estudio que contempla la evaluación de la estructura metálica y estructura en concreto, y no los acabados de la edificación, que conllevan el mantenimiento y reemplazo de estos materiales. Por otra parte, B6 tiene valor de cero, ya que, no se cuenta con datos de estudios de uso de energía operativa de edificaciones de pórtico de concreto y pórtico metálico, que puedan ser ingresadas al software IE4B.

TABLA VIII. EVALUCION ACV DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO HASTA ETAPA DE RECICLAJE

Evaluacion Del Analisis Del Ciclo De Vida Por Etapas

Proyecto: ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO

Medidas ACV	Unidades	FIN DE LA VIDA UTIL (C1 to C4)			MÁS ALLÁ DE VIDA UTIL (D)			EFECTOS TOTALES	
		Demolición, eliminación y procesamiento de residuos	Transporte	Total	Material BBL	BBL Transport	Total	A a C	A a D
Potencial De Calentamiento Global	kg CO2 eq	2,95E+04	1,17E+04	4,12E+04	6,05E+04	0,00E+00	6,05E+04	6,53E+05	7,13E+05
Potencial De Acidificación	kg SO2 eq	4,07E+02	1,13E+02	5,20E+02	1,39E+02	0,00E+00	1,39E+02	3,42E+03	3,56E+03
Partículas HH	kg PM2.5 eq	1,96E+01	6,24E+00	2,58E+01	6,08E+01	0,00E+00	6,08E+01	8,96E+02	9,57E+02
Potencial De Eutrofización	kg N eq	2,54E+01	7,00E+00	3,24E+01	7,13E+00	0,00E+00	7,13E+00	2,75E+02	2,82E+02
Potencial De Agotamiento Del Ozono	kg CFC-11 eq	1,29E-06	4,09E-07	1,70E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,90E-03	4,90E-03
Potencial De Smog	kg O3 eq	1,35E+04	3,56E+03	1,70E+04	1,40E+03	0,00E+00	1,40E+03	7,00E+04	7,14E+04
Energía Primaria Total	MJ	4,38E+05	1,71E+05	6,09E+05	2,78E+05	0,00E+00	2,78E+05	7,06E+06	7,33E+06
Energía No Renovable	MJ	4,38E+05	1,71E+05	6,09E+05	2,78E+05	0,00E+00	2,78E+05	6,73E+06	7,00E+06
Consumo De Combustibles Fósiles	MJ	4,37E+05	1,71E+05	6,08E+05	5,57E+05	0,00E+00	5,57E+05	5,47E+06	6,02E+06

- ❖ Más allá de la vida útil: beneficios y cargas más allá del límite del sistema (D). Se agregan los cálculos de más allá de la vida útil y forman parte de los créditos de reciclaje para productos de acero y el secuestro de carbono para productos de madera. En este apartado el valor del transporte es cero porque, se desconoce el destino de los coproductos y los desechos.

- ❖ Efectos totales: A a C es la suma de todos los impactos desde la extracción de la materia prima de los materiales hasta el fin de la vida útil de las estructuras. A a D contempla la suma de todos los impactos desde la extracción de materia prima de los materiales hasta los efectos producidos por el reciclaje y reutilización de los materiales.

TABLA IX. EVALUACION ACV DE ESTRUCTURA METALICA HASTA ETAPA USO

Evaluacion Del Analisis Del Ciclo De Vida Por Etapas

Proyecto: ESTRUCTURA METALICA

Medidas ACV	Unidades	PRODUCCION (A1 to A3)			PROCESO DE CONSTRUCCIÓN (A4 & A5)			USO (B2, B4 & B6)			
		Fabricación	Transporte	Total	Proceso de Construcción- Instalación	Transporte	Total	Fabricación de reemplazo	Transporte de reemplazo	Energía De uso operacion Total	Total
Potencial De Calentamiento Global	kg CO2 eq	5,05E+05	2,62E+03	5,08E+05	2,34E+04	2,31E+04	4,65E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Potencial De Acidificación	kg SO2 eq	2,20E+03	2,52E+01	2,22E+03	2,06E+02	3,16E+02	5,22E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Partículas HH	kg PM2.5 eq	1,28E+03	1,39E+00	1,28E+03	2,21E+01	1,08E+01	3,29E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Potencial De Eutrofización	kg N eq	1,22E+02	1,56E+00	1,24E+02	1,35E+01	1,95E+01	3,30E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Potencial De Agotamiento Del Ozono	kg CFC-11 eq	1,87E-03	9,14E-08	1,87E-03	9,61E-05	8,71E-07	9,70E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Potencial De Smog	kg O3 eq	3,04E+04	7,95E+02	3,12E+04	5,70E+03	1,03E+04	1,60E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energía Primaria Total	MJ	7,23E+06	3,82E+04	7,26E+06	3,01E+05	3,17E+05	6,18E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energía No Renovable	MJ	7,10E+06	3,81E+04	7,14E+06	2,80E+05	3,17E+05	5,97E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Consumo De Combustibles Fósiles	MJ	4,82E+06	3,81E+04	4,86E+06	2,50E+05	3,17E+05	5,67E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

- ❖ Uso: B2, B3, tienen valores de cero, debido al alcance del estudio que contempla la evaluación de la estructura metálica y estructura en concreto, y no los acabados de la edificación, que conllevan el mantenimiento y reemplazo de estos materiales. Por otra parte, B6 tiene valor de cero, ya que, no se cuenta con datos de estudios de uso de energía operativa de edificaciones de pórtico de concreto y pórtico metálico, que puedan ser ingresadas al software IE4B.

TABLA X. EVALUCION ACV DE ESTRUCTURA METALICA HASTA ETAPA DE RECICLAJE

Evaluacion Del Analisis Del Ciclo De Vida Por Etapas

Proyecto: ESTRUCTURA METALICA

Medidas ACV	Unidades	FIN DE LA VIDA UTIL (C1 to C4)			MÁS ALLÁ DE VIDA UTIL (D)			EFECTOS TOTALES	
		Demolición, eliminación y procesamiento de residuos	Transporte	Total	Material BBL	BBL Transport	Total	A a C	A a D
Potencial De Calentamiento Global	kg CO2 eq	2,17E+04	5,05E+03	2,68E+04	-2,05E+04	0,00E+00	-2,05E+04	5,81E+05	5,60E+05
Potencial De Acidificación	kg SO2 eq	2,64E+02	4,86E+01	3,13E+02	-4,70E+01	0,00E+00	-4,70E+01	3,06E+03	3,01E+03
Partículas HH	kg PM2.5 eq	3,64E+01	2,69E+00	3,91E+01	-2,06E+01	0,00E+00	-2,06E+01	1,36E+03	1,34E+03
Potencial De Eutrofización	kg N eq	1,64E+01	3,02E+00	1,94E+01	-2,42E+00	0,00E+00	-2,42E+00	1,76E+02	1,74E+02
Potencial De Agotamiento Del Ozono	kg CFC-11 eq	9,44E-07	1,76E-07	1,12E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,97E-03	1,97E-03
Potencial De Smog	kg O3 eq	8,63E+03	1,53E+03	1,02E+04	-4,76E+02	0,00E+00	-4,76E+02	5,73E+04	5,68E+04
Energía Primaria Total	MJ	3,20E+05	7,37E+04	3,94E+05	-9,42E+04	0,00E+00	-9,42E+04	8,28E+06	8,18E+06
Energía No Renovable	MJ	3,20E+05	7,36E+04	3,94E+05	-9,42E+04	0,00E+00	-9,42E+04	8,13E+06	8,03E+06
Consumo De Combustibles Fósiles	MJ	3,20E+05	7,35E+04	3,93E+05	-1,89E+05	0,00E+00	-1,89E+05	5,82E+06	5,63E+06

- ❖ Más allá de la vida útil: en la columna (D), se presentan valores negativos, debido, al beneficio que se produce por el reciclaje y reutilización de la estructura metálica, debido a esto se evitan muchos procesos como la extracción de materia prima para la elaboración de nuevos productos de estos materiales. El transporte tiene un valor de cero porque, se desconoce el destino de los coproductos y los desechos.

TABLA XI. INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA DE ENERGÍA DE LA ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO (A a B)

Inventario Del Ciclo De Vida Del Consumo De Energía Por Etapas Del Ciclo De Vida (A a B)

Proyecto: ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO

Fuente De Energía	Unidades	PRODUCCION (A1 a A3)			PROCESO DE CONSTRUCCIÓN (A4 & A5)			USO (B2, B4 & B6)			
		Fabricación	Transporte	Total	Proceso de Construcción- Instalación	Transporte	Total	Fabricación de reemplazo	Transporte de reemplazo	Energía De uso operacion Total	Total
Hidroeléctrica	MJ	1,05E+05	3,65E+01	1,05E+05	5,31E+03	1,48E+02	5,46E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Carbón	MJ	1,55E+06	5,32E+02	1,55E+06	5,61E+04	2,16E+03	5,82E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Diesel	MJ	2,58E+05	7,91E+04	3,37E+05	3,43E+05	3,21E+05	6,64E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gasolina	MJ	1,80E+03	0,00E+00	1,80E+03	1,18E+02	0,00E+00	1,18E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Combustible de Aceite Pesado	MJ	1,21E+06	3,49E+03	1,22E+06	6,14E+04	1,42E+04	7,55E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gas Licuado de Petróleo (LPG)	MJ	1,13E+03	7,96E+01	1,21E+03	2,24E+02	3,23E+02	5,47E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gas Natural	MJ	9,03E+05	3,25E+03	9,06E+05	2,99E+04	1,32E+04	4,31E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Nuclear	MJ	1,24E+06	1,35E+02	1,24E+06	2,32E+04	5,49E+02	2,37E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energía Renovable	MJ	3,14E+05	3,65E+01	3,14E+05	1,58E+04	1,48E+02	1,59E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energía Primaria	MJ	5,48E+06	8,66E+04	5,57E+06	5,29E+05	3,52E+05	8,81E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Combustible Fósil	MJ	3,93E+06	8,64E+04	4,02E+06	4,90E+05	3,51E+05	8,41E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

❖ Uso: B2, B3, tienen valores de cero, debido al alcance del estudio que contempla la evaluación de la estructura metálica y estructura en concreto, y no los acabados de la edificación, que conllevan el mantenimiento y reemplazo de estos materiales. Por otra parte, B6 tiene valor de cero, ya que, no se cuenta con datos de estudios de uso de energía operativa de edificaciones de pórtico de concreto y pórtico metálico, que puedan ser ingresadas al software IE4B.

TABLA XII. INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA DE ENERGIA DE LA ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO (C a D)

Inventario Del Ciclo De Vida Del Consumo De Energía Por Etapas Del Ciclo De Vida (C a D)

Proyecto: ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO

Fuente De Energía	Unidades	FIN DE LA VIDA UTIL (C1 to C4)			MÁS ALLÁ DE VIDA UTIL (D)			EFECTOS TOTALES	
		Demolición, eliminación y procesamiento de residuos	Transporte	Total	Material BBL	BBL Transport	Total	A a C	A a D
Hidroeléctrica	MJ	1,84E+02	7,20E+01	2,56E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,10E+05	1,10E+05
Carbón	MJ	2,69E+03	1,05E+03	3,74E+03	7,02E+05	0,00E+00	7,02E+05	1,62E+06	2,32E+06
Diesel	MJ	4,06E+05	1,56E+05	5,62E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,56E+06	1,56E+06
Gasolina	MJ	2,82E+03	0,00E+00	2,82E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,73E+03	4,73E+03
Combustible de Aceite Pesado	MJ	8,92E+03	6,88E+03	1,58E+04	-2,58E+04	0,00E+00	-2,58E+04	1,31E+06	1,28E+06
Gas Licuado de Petróleo (LPG)	MJ	4,01E+02	1,57E+02	5,58E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,31E+03	2,31E+03
Gas Natural	MJ	1,64E+04	6,42E+03	2,28E+04	-1,19E+05	0,00E+00	-1,19E+05	9,72E+05	8,53E+05
Nuclear	MJ	6,78E+02	2,67E+02	9,45E+02	-2,79E+05	0,00E+00	-2,79E+05	1,26E+06	9,81E+05
Energía Renovable	MJ	1,84E+02	7,20E+01	2,56E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,30E+05	3,30E+05
Energía Primaria	MJ	4,38E+05	1,71E+05	6,09E+05	2,78E+05	0,00E+00	2,78E+05	7,06E+06	7,33E+06
Combustible Fósil	MJ	4,37E+05	1,71E+05	6,08E+05	5,57E+05	0,00E+00	5,57E+05	5,47E+06	6,02E+06

- ❖ Más allá de la vida útil: en la columna (D), se presentan valores negativos, debido, al beneficio que se produce por el reciclaje y reutilización de la estructura metálica, debido a esto se evitan muchos procesos como la extracción de materia prima para la elaboración de nuevos productos de estos materiales. El transporte tiene un valor de cero porque, se desconoce el destino de los coproductos y los desechos.

TABLA XIII. INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA DE ENERGIA DE LA ESTRUCTURA METALICA (A a B)

Inventario Del Ciclo De Vida Del Consumo De Energía Por Etapas Del Ciclo De Vida (A a B)

Proyecto: ESTRUCTURA METALICA

Fuente De Energía	Unidades	PRODUCCION (A1 a A3)			PROCESO DE CONSTRUCCIÓN (A4 & A5)			USO (B2, B4 & B6)			Total
		Fabricación	Transporte	Total	Proceso de Construcción- Instalación	Transporte	Total	Fabricación de reemplazo	Transporte de reemplazo	Energía De uso operacion Total	
Hidroeléctrica	MJ	4,19E+04	1,61E+01	4,19E+04	1,66E+04	1,36E+02	1,67E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Carbón	MJ	2,36E+06	2,35E+02	2,36E+06	4,19E+04	1,99E+03	4,38E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Diesel	MJ	1,09E+05	3,49E+04	1,43E+05	1,51E+05	2,98E+05	4,49E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gasolina	MJ	8,14E+02	0,00E+00	8,14E+02	1,35E+02	0,00E+00	1,35E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Combustible de Aceite Pesado	MJ	7,32E+05	1,54E+03	7,34E+05	2,88E+04	1,00E+04	3,88E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gas Licuado de Petróleo (LPG)	MJ	5,04E+02	3,51E+01	5,39E+02	1,64E+02	2,98E+02	4,61E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gas Natural	MJ	1,72E+06	1,43E+03	1,72E+06	3,03E+04	1,21E+04	4,25E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Nuclear	MJ	2,36E+06	5,96E+01	2,36E+06	3,02E+04	5,26E+02	3,07E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energía Renovable	MJ	1,25E+05	1,61E+01	1,25E+05	2,12E+04	1,36E+02	2,13E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Energía Primaria	MJ	7,40E+06	3,82E+04	7,44E+06	3,04E+05	3,23E+05	6,27E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Combustible Fósil	MJ	4,92E+06	3,81E+04	4,96E+06	2,52E+05	3,23E+05	5,75E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

TABLA XIV. INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA DE ENERGIA DE LA ESTRUCTURA METALICA (C a D)

Inventario Del Ciclo De Vida Del Consumo De Energía Por Etapas Del Ciclo De Vida (C a D)

Proyecto: ESTRUCTURA METALICA

Fuente De Energía	Unidades	FIN DE LA VIDA UTIL (C1 to C4)			MÁS ALLÁ DE VIDA UTIL (D)			EFECTOS TOTALES	
		Demolición, eliminación y procesamiento de residuos	Transporte	Total	Material BBL	BBL Transport	Total	A a C	A a D
Hidroeléctrica	MJ	1,35E+02	3,10E+01	1,66E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,88E+04	5,88E+04
Carbón	MJ	1,97E+03	4,53E+02	2,42E+03	-2,31E+05	0,00E+00	-2,31E+05	2,41E+06	2,18E+06
Diesel	MJ	2,95E+05	6,73E+04	3,62E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,55E+05	9,55E+05
Gasolina	MJ	9,11E+03	0,00E+00	9,11E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,01E+04	1,01E+04
Combustible de Aceite Pesado	MJ	6,51E+03	2,97E+03	9,47E+03	8,51E+03	0,00E+00	8,51E+03	7,82E+05	7,90E+05
Gas Licuado de Petróleo (LPG)	MJ	2,93E+02	6,78E+01	3,61E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,36E+03	1,36E+03
Gas Natural	MJ	1,21E+04	2,77E+03	1,48E+04	3,91E+04	0,00E+00	3,91E+04	1,77E+06	1,81E+06
Nuclear	MJ	4,96E+02	1,15E+02	6,11E+02	9,20E+04	0,00E+00	9,20E+04	2,39E+06	2,48E+06
Energía Renovable	MJ	1,35E+02	3,10E+01	1,66E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,47E+05	1,47E+05
Energía Primaria	MJ	3,26E+05	7,37E+04	3,99E+05	-9,14E+04	0,00E+00	-9,14E+04	8,47E+06	8,38E+06
Combustible Fósil	MJ	3,25E+05	7,35E+04	3,99E+05	-1,83E+05	0,00E+00	-1,83E+05	5,93E+06	5,75E+06

El presupuesto en el cual se estipula el valor total de la estructura de concreto reforzado y estructura metálica, se ve reflejado en la tabla XV y XVI. Estos valores corresponden a estimativos basados en la experiencia de quien elabora el presupuesto, recurriendo a la utilización de costos históricos de proyectos que se asemejan al actual, por metro cuadrado proyectado en el tiempo, considerando fenómenos como la inflación. Los análisis de precios unitarios para la elaboración del presupuesto de la estructura metálica y estructura de concreto se pueden observar en el apartado de anexos.

TABLA XV. PRESUPUESTO DE OBRA DE LA ESTRUCTURA METALICA

PRESUPUESTO DE OBRA					
Descripcion de la Obra					
Construccion de la estructura metalica de un edificio de cinco pisos con un area de construccion aproximada de 865 m2					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	PRELIMINARES				
1.1	Levantamiento Topografico	m2	1200	\$ 3.000	\$ 3.600.000
1.2	Estudio de Suelo y Geotecnia	GBL	2	\$ 1.497.000	\$ 2.994.000
1.3	Diseño Arquitectonico del Edificio	m2	4325	\$ 14.000	\$ 60.550.000
1.4	Diseño Estructural y Memoria de Cálculo Edificio	m2	4325	\$ 19.000	\$ 82.175.000
1.5	Diseño Hidráulico, Sanitario y de Aguas Lluvias del Edificio	m2	4325	\$ 9.000	\$ 38.925.000
1.6	Diseño Eléctrico y Memorias de Cálculo para Edificio	m2	4325	\$ 17.000	\$ 73.525.000
1.7	Descapote de Terreno	m2	1200	\$ 4.500	\$ 5.400.000
1.8	Replanteo Arquitectónico	m2	4325	\$ 10.500	\$ 45.412.500
2	MOVIMIENTO DE TIERRA				
2.1	Nivelacion de Terreno	m2	1200	\$ 4.500	\$ 5.400.000
2.2	Excavación Mecánica en Conglomerado	m3	550	\$ 5.000	\$ 2.750.000
3	ESTRUCTURA				
3.1	Perfil W14X30	Kg	45580	\$ 5.546	\$ 252.786.680
3.2	Perfil W18X65	Kg	58490	\$ 6.926	\$ 405.101.740
3.3	Perfil W18X86	Kg	95150	\$ 7.780	\$ 740.267.000
3.4	Perfil HP18X135	kg	115827	\$ 10.260	\$ 1.188.385.020
4	LOSA				
4.1	Placa Steel-Deck calibre 22	m2	3368	\$ 138.000	\$ 464.784.000
4.2	Losa Maciza h= 15cm	m2	865	\$ 67.500	\$ 58.387.500
5	CIMENTACION				
5.1	Zapata en concreto de 1.5m X 1.5m de resistencia 3500 psi	m3	3,6	\$ 1.060.000	\$ 3.816.000
5.2	Zapata en concreto de 1.6m X 1.6m de resistencia 3500 psi	m3	33,28	\$ 1.060.000	\$ 35.276.800
5.3	Zapata en concreto de 1.9m X 1.9m de resistencia 3500 psi	m3	50,34	\$ 1.120.000	\$ 56.380.800
COSTO TOTAL DE OBRA					\$ 3.525.917.040

TABLA XVI. PRESUPUESTO GENERAL DE OBRA DE LA ESTRUCTURA DE CONCRETO REFOZA

PRESUPUESTO DE OBRA					
Descripcion de la Obra					
Construccion de la estructura de concreto reforzado de un edificio de cinco pisos con un area de construccion aproximada de 865 m2					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1 PRELIMINARES					
1.1	Levantamiento Topografico	m2	1200	\$ 3.000	\$ 3.600.000
1.2	Estudio de Suelo y Geotecnia	GBL	2	\$ 1.497.000	\$ 2.994.000
1.3	Diseño Arquitectonico del Edificio	m2	4325	\$ 14.000	\$ 60.550.000
1.4	Diseño Estructural y Memoria de Cálculo Edificio	m2	4325	\$ 16.000	\$ 69.200.000
1.5	Diseño Hidráulico, Sanitario y de Aguas Lluvias de Edificio	m2	4325	\$ 9.000	\$ 38.925.000
1.6	Diseño Eléctrico y Memorias de Cálculo para Edificio	m2	4325	\$ 17.000	\$ 73.525.000
1.7	Descapote de Terreno	m2	1200	\$ 4.500	\$ 5.400.000
1.8	Replanteo Arquitectónico	m2	4325	\$ 10.500	\$ 45.412.500
2 MOVIMIENTO DE TIERRA					
2.1	Nivelacion de Terreno	m2	1200	\$ 4.500	\$ 5.400.000
2.2	Excavación Mecánica en Conglomerado	m3	550	\$ 5.000	\$ 2.750.000
3 ESTRUCTURA					
3.1	Columna de concreto 50cm X 60cm de resistencia 3500 psi	m3	177,48	\$ 3.050.000	\$ 541.314.000
3.2	Columna de concreto 45cm X 60cm de resistencia 3500 psi	m3	93,96	\$ 2.891.690	\$ 271.703.192
3.3	Viga de concreto 45cm X 45cm de resistencia 3500 psi	m3	47,16	\$ 2.010.540	\$ 94.817.066
3.4	Viga de concreto 40cm X 45cm de resistencia 3500 psi	m3	75,47	\$ 1.870.300	\$ 141.151.541
3.5	Viga de concreto 35cm X 45cm de resistencia 3500 psi	m3	32,3	\$ 1.560.000	\$ 50.388.000
4 LOSA					
4.1	Losa Aligerada h= 35cm	m2	3368	\$ 267.000	\$ 899.256.000
4.2	Losa Maciza h= 15cm	m2	865	\$ 67.500	\$ 58.387.500
5 CIMENTACION					
5.1	Zapata en concreto de 1.5m X 1.5m de resistencia 3500 psi	m3	3,6	\$ 1.060.000	\$ 3.816.000
5.2	Zapata en concreto de 1.9m X 1.9m de resistencia 3500 psi	m3	46,93	\$ 1.120.000	\$ 52.561.600
5.3	Zapata en concreto de 2.3m X 2.3m de resistencia 3500 psi	m3	74,06	\$ 1.560.000	\$ 115.533.600
COSTO TOTAL DE OBRA					\$ 2.536.685.000

VIII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

De los resultados del Análisis del Ciclo de Vida para la estructura metálica con un periodo de vida útil de 80 años y la estructura de concreto armado con un periodo de vida útil de 60 años, se puede determinar que, el pórtico de concreto genera mayores emisiones en el potencial de Calentamiento Global, específicamente en las etapas de producción de materiales con un 6,3%, en el proceso constructivo un 33%, y en el fin de la vida útil un 34,9% más que el pórtico metálico, mientras que en la etapa de reciclaje la estructura de concreto produce 4 veces más contaminación que la estructura metálica, como se visualiza en la figura 14. Realizando un análisis de la información presentada en el gráfico, se puede notar que, en todas las etapas del sistema constructivo las emisiones CO₂ son más elevadas en la estructura de concreto que en la estructura metálica, esto obedece, a mayores cantidades de materiales que se requiere para la elaboración del pórtico en concreto, lo cual, aumenta las emisiones por extracción y fabricación de cada elemento. El sistema constructivo de la estructura de concreto es otro factor que hace producir más emisiones, ya que, requiere más recursos hídricos, y en las etapas de fin de la vida útil, el pórtico de concreto es menos eficiente para el reciclaje y reutilización de sus componentes que el pórtico metálico.

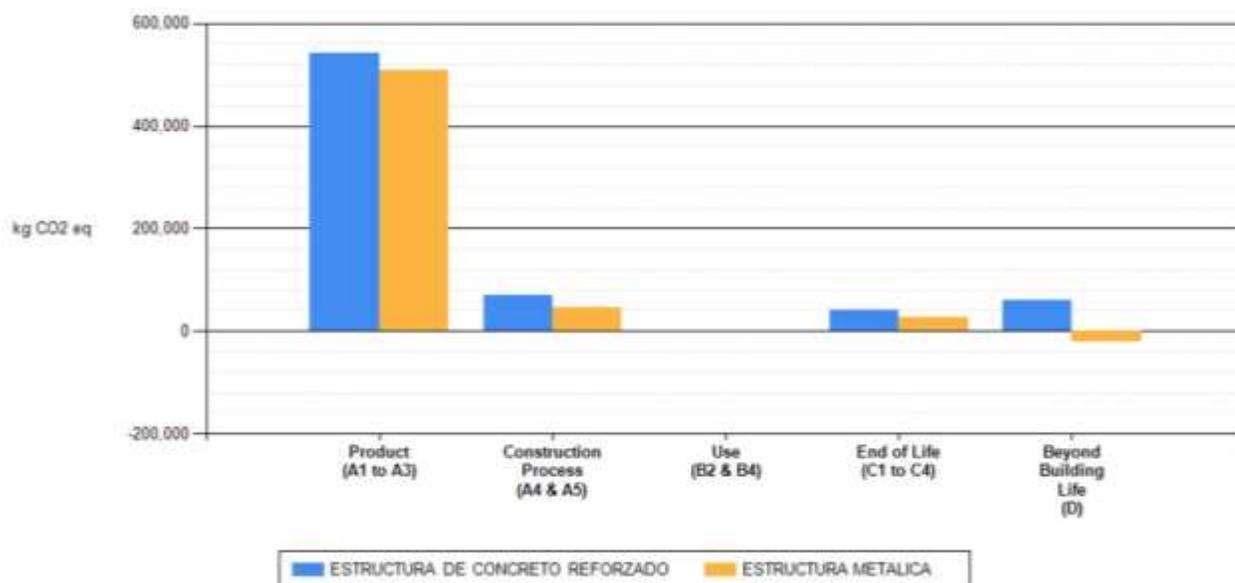


Fig. 14. Comparación del Potencial de Calentamiento Global por Etapa del Ciclo de Vida

TABLA XVII. COMPARACIÓN DEL POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL POR ETAPA DEL CICLO DE VIDA

ESTRUCTURA	Unidad	Produccion (A1 to A3)	Procesos Constructivos (A4 & A5)	Uso (B2 & B4)	Fin de la Vida Útil (C1 to C4)	Mas Alla de Vida Útil (D)	Total
ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO	kg CO2 eq	5,42E+05	6,94E+04	0,00E+00	4,12E+04	6,05E+04	7,13E+05
ESTRUCTURA METALICA	kg CO2 eq	5,08E+05	4,65E+04	0,00E+00	2,68E+04	-2,05E+04	5,60E+05
Total	kg CO2 eq	1,05E+06	1,16E+05	0,00E+00	6,80E+04	4,00E+04	1,27E+06

En el consumo de combustibles fósiles se puede notar que el pórtico metálico en la etapa de producción general consume un 17,3% más que el pórtico de concreto, pero en la etapa de proceso constructivo y fin de la vida útil, la estructura de concreto genera un mayor consumo que la estructura metálica, en promedio un 32,6% y 35,4% respectivamente, por otro lado, en la etapa de reciclaje, el pórtico metálico produce 3,9 veces menos consumo que el pórtico de concreto, como se puede observar en la figura 15. De esto, se puede inferir que los resultados en las emisiones del pórtico de concreto siguen siendo mayores que el pórtico metálico, sin embargo, en la etapa de producción la estructura metálica produce más emisiones que la estructura de concreto, esto se debe a la gran cantidad de energía necesaria para transformar los minerales en acero en altos hornos.

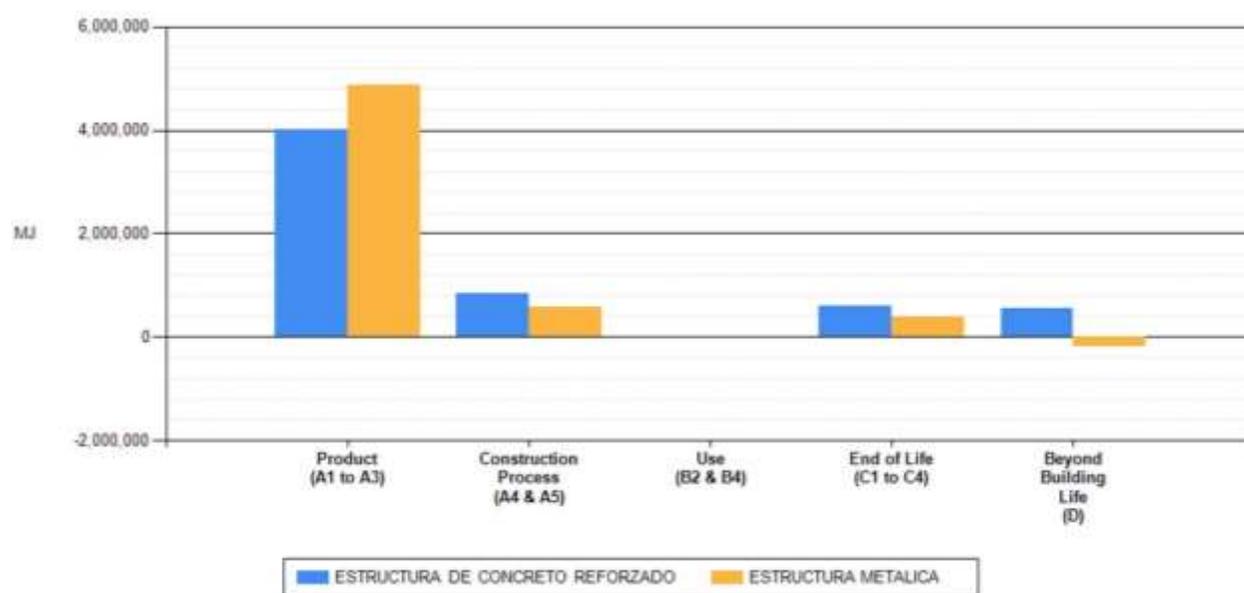


Fig. 15. Comparación del Consumo de Combustibles Fósiles por Etapa del Ciclo de Vida

TABLA XVIII. COMPARACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES POR ETAPA DEL CICLO DE VIDA

ESTRUCTURA	Unidad	Produccion (A1 to A3)	Proceso Constructivo (A4 & A5)	Uso (B2 & B4)	Fin de la Vida Útil (C1 to C4)	Mas Alla de la Vida Útil (D)	Total
ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO	MJ	4,02E+06	8,41E+05	0,00E+00	6,08E+05	5,57E+05	6,02E+06
ESTRUCTURA METALICA	MJ	4,86E+06	5,67E+05	0,00E+00	3,93E+05	-1,89E+05	5,63E+06
Total	MJ	8,88E+06	1,41E+06	0,00E+00	1,00E+06	3,68E+05	1,17E+07

Con respecto a las partículas en la salud humana (HH), el pórtico metálico provoca un 34,9% más de emisiones en la etapa de producción que el pórtico de concreto, en cambio, en la etapa de proceso de construcción, la estructura de concreto produce 10,6% más emisiones que la estructura metálica, por otra parte, en la etapa de fin de la vida útil, el pórtico metálico produce 14% más emanaciones que el pórtico de concreto, y en la etapa de reciclaje la estructura de concreto genera 4 veces más contaminación que la estructura metálica, como se puede ver en la figura 16. Del gráfico, se puede inferir que, las emisiones producidas por el pórtico de concreto y pórtico metálico son similares, solo se nota una gran diferencia en la etapa de producción, siendo la estructura metálica más contaminante que la estructura de concreto, debido, a las emisiones de las instalaciones de alto horno en las que se fabrica el acero, debido, al alto consumo de combustibles.

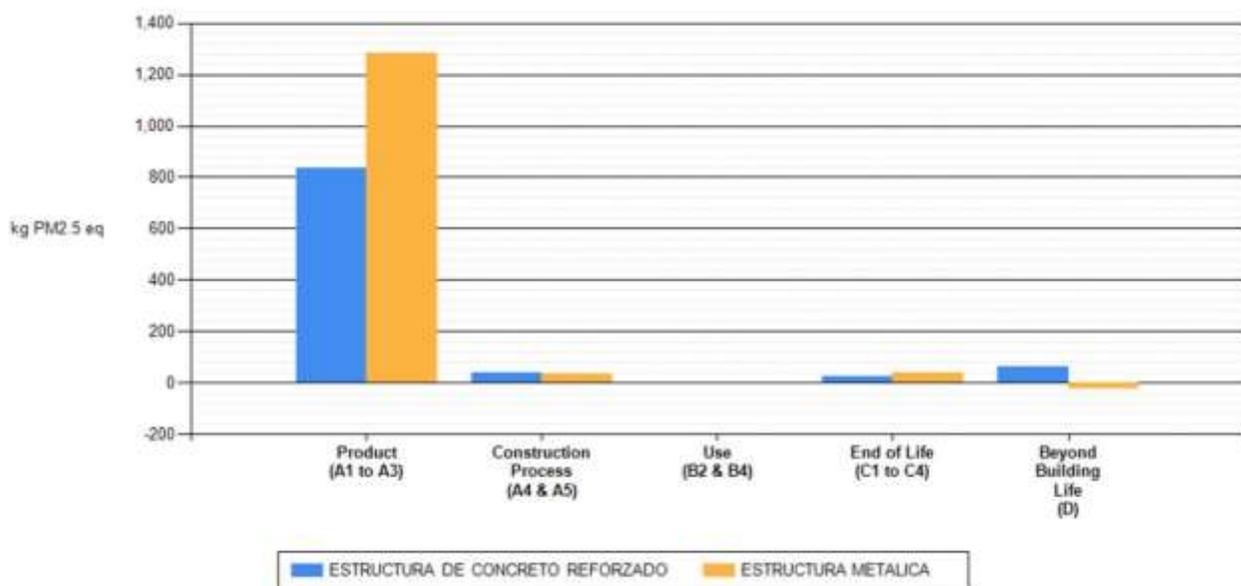


Fig. 16. Comparación de Partículas HH Por Etapa del Ciclo de Vida

TABLA XIX. COMPARACIÓN DE PARTÍCULAS HH POR ETAPA DEL CICLO DE VIDA

ESTRUCTURA	Unidad	Produccion (A1 to A3)	Proceso de Construccion (A4 & A5)	Uso (B2 & B4)	Fin de la Vida Util (C1 to C4)	Mas Alla de la Vida Util (D)	Total
ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO	kg PM2.5 eq	8,33E+02	3,68E+01	0,00E+00	2,58E+01	6,08E+01	9,57E+02
ESTRUCTURA METALICA	kg PM2.5 eq	1,28E+03	3,29E+01	0,00E+00	3,91E+01	-2,06E+01	1,34E+03
Total	kg PM2.5 eq	2,12E+03	6,96E+01	0,00E+00	6,49E+01	4,02E+01	2,29E+03

En el Potencial de Acidificación, Potencial de Smog y Potencial de Eutrofización, tienen como mayor contribuyente de emisiones en cada una de las etapas del análisis del ACV a la estructura de concreto, generando en promedio en la etapa de fabricación para cada uno de los potenciales antes mencionado un 7% más contaminación que la estructura metálica, con excepción del Potencial de Eutrofización en el cual, el pórtico de concreto ocasiona un 38,6% más emisiones que el pórtico metálico. Para la etapa de proceso de construcción la estructura de concreto genera en promedio un 14,3% más que el pórtico metálico, mientras que en la etapa de fin de la vida útil la estructura de concreto provoca en promedio un 40% más emisiones que la estructura metálica, lo cual, se observa las figura 17, 18 y 19. Por ende, se puede deducir que la estructura que más genera impactos potenciales es el pórtico de concreto reforzado, lo que se debe, para estos casos al sistema de construcción que tiene el pórtico de concreto, dado que, se utilizan más recursos naturales como los hídricos y, los ambientes donde se asientan estas estructuras son más alteradas, por ejemplo, en los grandes movimientos de tierra que se realiza al momento de la construcción.

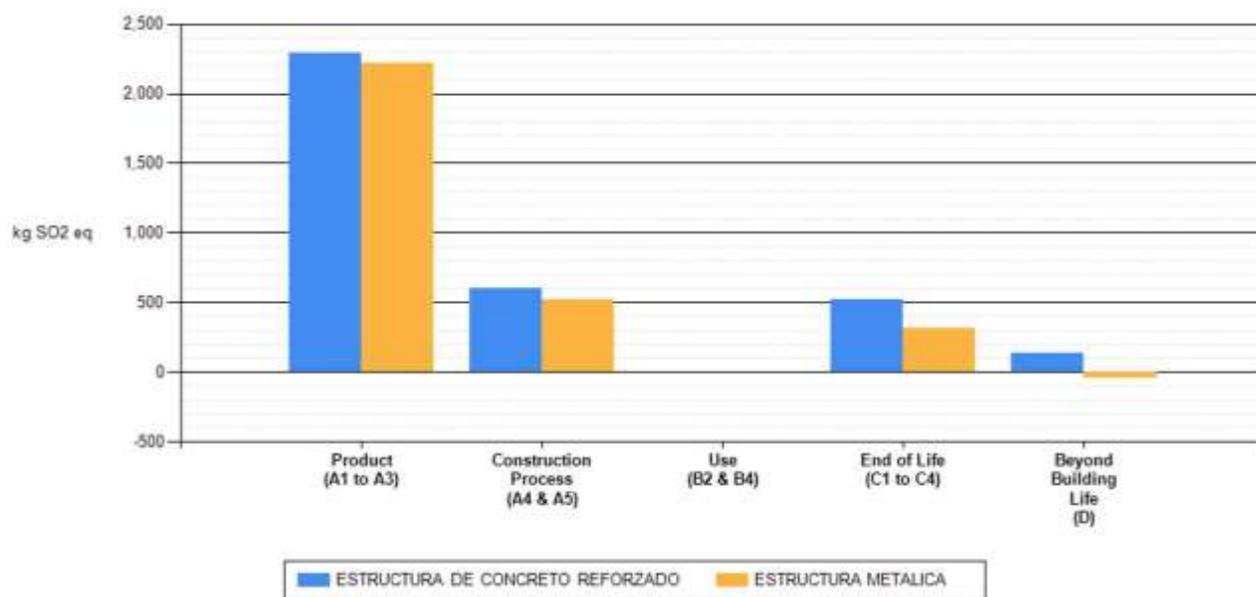


Fig. 17. Comparación del Potencial de Acidificación Por Etapa del Ciclo de Vida

TABLA XX. COMPARACIÓN DEL POTENCIAL DE ACIDIFICACIÓN POR ETAPA DEL CICLO DE VIDA

ESTRUCTURA	Unidad	Produccion (A1 to A3)	Proceso de Construccion (A4 & A5)	Uso (B2 & B4)	Fin de la Vida Util (C1 to C4)	Mas Alla de la Vida Util (D)	Total
ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO	kg SO2 eq	2,29E+03	6,04E+02	0,00E+00	5,20E+02	1,39E+02	3,56E+03
ESTRUCTURA METALICA	kg SO2 eq	2,22E+03	5,22E+02	0,00E+00	3,13E+02	-4,70E+01	3,01E+03
Total	kg SO2 eq	4,51E+03	1,13E+03	0,00E+00	8,32E+02	9,17E+01	6,56E+03

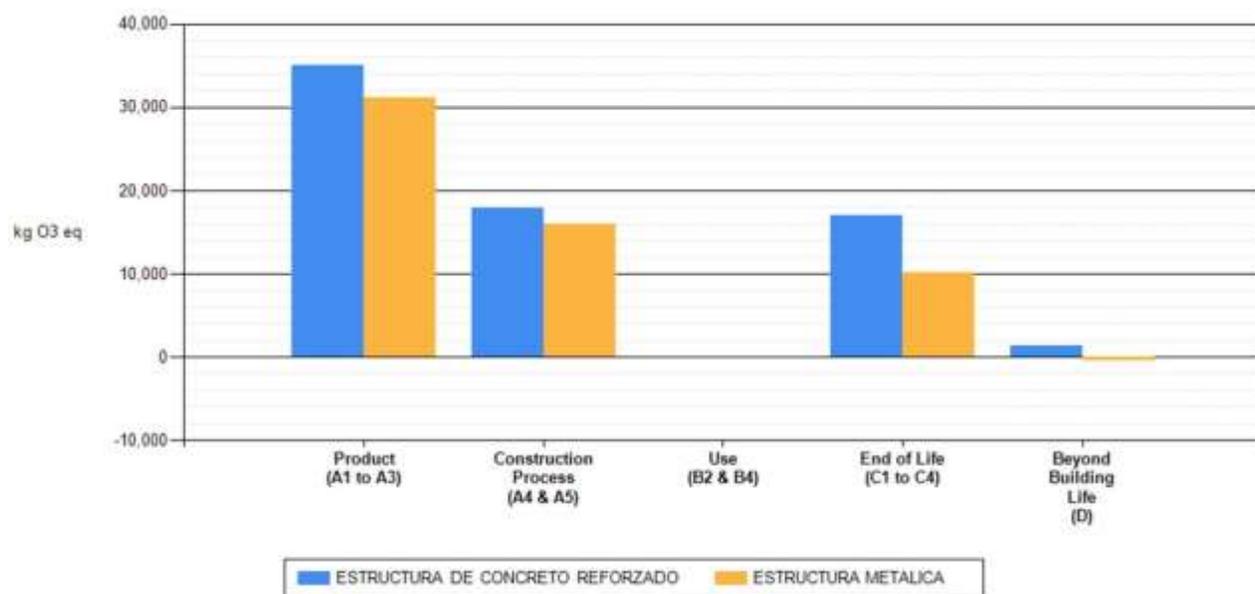


Fig. 18. Comparación del Potencial de Smog Por Etapa del Ciclo de Vida

TABLA XXI. COMPARACIÓN DEL POTENCIAL DE SMOG POR ETAPA DEL CICLO DE VIDA

ESTRUCTURA	Unidad	Produccion (A1 to A3)	Proceso de Construccion (A4 & A5)	Uso (B2 & B4)	Fin de la Vida Util (C1 to C4)	Mas Alla de la Vida Util (D)	Total
ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO	kg O3 eq	3,50E+04	1,79E+04	0,00E+00	1,70E+04	1,40E+03	7,14E+04
ESTRUCTURA METALICA	kg O3 eq	3,12E+04	1,60E+04	0,00E+00	1,02E+04	-4,76E+02	5,68E+04
Total	kg O3 eq	6,62E+04	3,39E+04	0,00E+00	2,72E+04	9,27E+02	1,28E+05

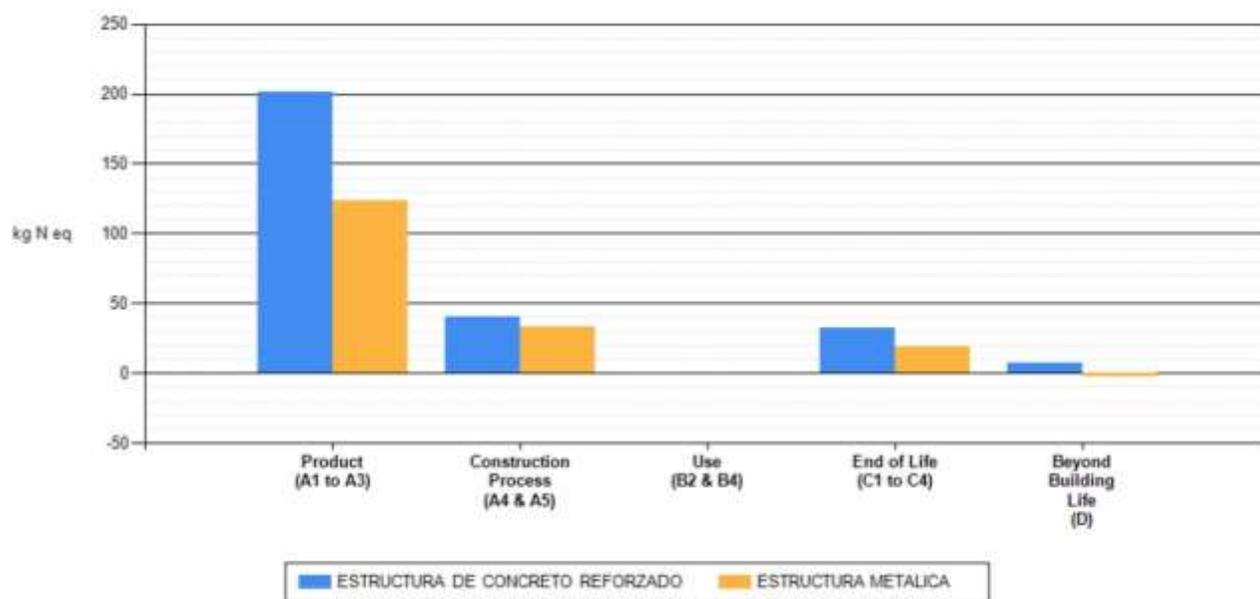


Fig. 19. Comparación del Potencial de Eutrofización Por Etapa del Ciclo de Vida

TABLA XXII. COMPARACIÓN DEL POTENCIAL DE EUTROFIZACIÓN POR ETAPA DEL CICLO DE VIDA

ESTRUCTURA	Unidad	Producción (A1 to A3)	Proceso de Construcción (A4 & A5)	Uso (B2 & B4)	Fin de la Vida Útil (C1 to C4)	Más Alla de la Vida Útil (D)	Total
ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO	kg N eq	2,02E+02	4,06E+01	0,00E+00	3,24E+01	7,13E+00	2,82E+02
ESTRUCTURA METALICA	kg N eq	1,24E+02	3,30E+01	0,00E+00	1,94E+01	-2,42E+00	1,74E+02
Total	kg N eq	3,25E+02	7,36E+01	0,00E+00	5,18E+01	4,71E+00	4,55E+02

Por otra parte, realizando una comparación en el Inventario del Ciclo de Vida de Energía entre la estructura en concreto reforzado y estructura metálica, se aprecia que en la fuente Hidroeléctrica durante la etapa de fabricación de los materiales hasta el fin de la vida útil tiene un mayor gasto en el pórtico de concreto, consumiendo 46,6% más que el pórtico metálico, mientras que, en las fuentes de energía provenientes del Carbón, la estructura metálica gasta 31,4% más que la Estructura de Concreto. En las fuentes de energía derivadas del diesel el pórtico de concreto consume un 39,4% más que el pórtico metálico, entre tanto, la estructura metálica consume 51,4% más que la estructura de concreto en fuentes de energía procedente de la gasolina. En las fuentes de energía de gas licuado de petróleo (LPG) tiene un mayor consumo el pórtico de concreto con un 41,6% más que el pórtico metálico, sin embargo, en la fuente de energía de gas natural la

estructura metálica consume un 43,8% más que la estructura de concreto. En las fuentes de energías renovables la estructura de concreto produce un mayor consumo con un 55,4% más que la estructura metálica, por el contrario, en la fuente de energía no renovables el pórtico metálico consume 19,1% más que el pórtico de concreto, y en la fuente de energía derivado de combustible fósil la estructura metálica genera 7,7% más de consumo que la estructura de concreto.

Los resultados del análisis de ciclo de vida obtenidos son congruentes con los supuestos teóricos de la investigación. Los resultados de diversos estudios muestran indicadores más desfavorables para las estructuras de concreto armado frente a la estructura metálica [8], [9], [10], lo que obedece, en especial para este proyecto de investigación, a los métodos de construcción de los pórticos, donde la estructura metálica tiene cierta ventaja en el ahorro de agua por ser una construcción en seco, produce menos ruido y polvo, y se reduce la afección de los recursos ambientales, además, produce menos residuos sólidos y gran parte de sus elementos son altamente reciclables en la fase final de su vida útil. Sin embargo, la estructura de concreto reforzado mostró un mejor desempeño en el inventario de ciclo de vida de consumo de energía, lo que se puede deber a la características de los materias con la que elaborado el pórtico metálico y el pórtico de concreto reforzado, ya que, investigaciones realizadas a estas estructuras, demuestran que, para ambientes cálidos el pórtico metálico tienen mayor consumo por la conductividad de temperatura que genera este pórtico, lo que representa un mayor consumo en equipos de aires acondicionado o calefacciones para este tipo de estructuras.

En cuanto al presupuesto del pórtico en concreto reforzado y pórtico metálico, se puede observar que la estructura metálica es un 28% más costosa que la estructura de concreto armado, la mayor diferencia se marca en los materiales para la estructura de cada pórtico.

IX. CONCLUSIONES

- ❖ Se pudo utilizar el programa Estimador de Impacto para Edificios IE4B, de manera satisfactoria para obtener información preliminar de los impactos potenciales del pórtico de concreto reforzado y pórtico metálico, reflejando una idea aproximada de que estructura tendría una mayor contaminación a lo largo de su vida útil.
- ❖ La ciudad análoga a San Juan de Pasto, seleccionada del programa Estimador de Impactos para Edificios fue la ciudad de Winnipeg, debido a similitud de condiciones en cuanto a la su geografía situada en medio del valle del Río Rojo, bordeada por el Escudo Canadiense, con afluente de grandes ríos como el río Rojo y el río Assiniboine, cuenta con una enorme biodiversidad en las que se puede encontrar vastas extensiones de praderas de pastos altos al igual que parques como el bosque de olmos, plantas herbáceas, así como, una colorida variedad de flores silvestres, su principal fuente energía es la Hidroeléctrica, por ser una ciudad relativamente pequeña su transporte público está basado en una flota de buses y taxis. Todos estos factores fueron determinantes para elegir a la ciudad de Winnipeg como locación análoga a la ciudad de Pasto.
- ❖ Como sugiere el software IE4B de Athena que se haga, cuando la locación de estudio no se encuentra dentro de las opciones propuestas por el programa, esto se debe, principalmente por la información que se utiliza para desarrollar perfiles de inventario de ciclo de vida promedio ponderado para los productos, así como perfiles de transporte promedio ponderados en función de la distancia.
- ❖ En el Análisis del Ciclo de Vida realizado al pórtico de concreto reforzado y pórtico metálico, la mayoría de los indicadores ambientales fueron mejores para la estructura metálica en comparación con la estructura de concreto reforzado. El concreto reforzado genera más cargas ambientales en cada uno de los impactos potenciales que analiza el programa Estimador de Impactos para edificios, en estos resultados, se observa que el Pórtico Metálico genera menos emisiones en todas las etapas que se analizan en cada potencial, con excepción del consumo de combustible fósiles y partículas HH, en el cual, se advierte, que el pórtico de concreto reforzado genera menos emisiones en la etapa de producción

- ❖ En el análisis del Inventario del Ciclo de Vida del consumo de energía para la estructura metálica y estructura de concreto reforzado, se observa que la estructura metálica tiene un mayor consumo en fuentes de energía derivadas del carbón, gasolina, gas natural, combustibles fósiles y energías no renovables, mientras que, en fuentes de energías derivadas de hidroeléctricas, diesel, gas licuado de petróleo (LPG) y energías renovables, la estructura de concreto reforzado cuenta con un mayor consumo.
- ❖ Aunque en el Análisis del Ciclo de Vida, el pórtico metálico tuvo menores emisiones, en el análisis de costos de construcción, el pórtico de concreto reforzado tiene un menor precio que la estructura metálica, debido a los costos de importación de la mayoría de los componentes de estos últimos y a la necesidad de personal más especializado para la construcción de estructuras metálicas.

X. RECOMENDACIONES

El objetivo de este proyecto de investigación consistió en introducir de manera preliminar al empleo del Análisis del Ciclo de Vida como una herramienta adecuada para determinar los impactos ambientales que se producen en las construcciones convencionales, de manera que se pueda incentivar la búsqueda de alternativas de materiales que sean amigables con el ambiente y que no presenten grandes sobre costos en las construcciones civiles.

Es recomendable realizar estudios y análisis de inventarios de ciclo de vida en las localidades y regiones del País para obtener una mayor precisión en los datos del ACV y así establecer de manera más acertada los materiales y procesos constructivos más sostenibles. Este tema abre un campo de investigación amplio y poco explorado en Colombia y más aún en el departamento de Nariño.

REFERENCIAS

- [1] UNEP, “Buildings and Climate Change: Current Status, Challenges and Opportunities”, *DG Environment News Alert Dervice*, núm. 71, p. 1, 2007.
- [2] E. Rocha Tamayo, “Construcciones sostenibles: materiales, certificaciones y LCA”, *Nodo*, vol. 6, núm. 11, pp. 99–116, 2011.
- [3] Ministerio de Comercio. Industria y Turismo, “Industria de materiales de construcción | Invierta en Colombia”, 2020. <https://investincolombia.com.co/es/sectores/manufacturas/materiales-de-construccion> (consultado el 10 de noviembre de 2020).
- [4] F. Gonzalez, “Análisis del ciclo de vida de materiales de construcción convencionales y alternativos”, 2012.
- [5] M. Macías y J. García Navarro, “Metodología y herramienta VERDE para la evaluación de la sostenibilidad en edificios”, *Informes de la Construcción*, vol. 62, núm. 517, pp. 87–100, 2010, doi: 10.3989/ic.08.056.
- [6] V. Valdivieso, “¿Cómo está Colombia en construcción sostenible?”, *Blog Amarillo*, 2019. <https://amarilo.com.co/blog/verde/como-esta-colombia-en-construccion-sostenible/>
- [7] A. Sanes Orrego, “El Análisis De Ciclo De Vida (Acv) En El Desarrollo Sostenible: Propuesta Metodológica Para La Evaluacion De La Sostenibilidad De Sistemas Productivos”, 2012.
- [8] X. Zhang, X. Su, y Z. Huang, “Comparison of LCA on steel-and concrete-construction office buildings: A case study”, *IAQVEC 2007 Proceedings - 6th International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in Buildings: Sustainable Built Environment*, vol. 3, núm. October 2016, pp. 293–301, 2007.

- [9] A. Oladazimi, S. Mansour, y S. A. Hosseinijou, “Comparative Life Cycle Assessment of Steel and Concrete Construction Frames: A Case Study of Two Residential Buildings in Iran”, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*, 2020.
- [10] A. Peyroteo, M. Silva, y S. Jalali, “Life cycle assessment of steel and reinforced concrete structures: A new analysis tool”, *Portugal SB 2007 - Sustainable Construction, Materials and Practices: Challenge of the Industry for the New Millennium*, pp. 397–402, 2007.
- [11] A. Garmendia Salvador, A. Salvador Alcaide, L. Garmendia Salvador, y C. Sánchez Crespo, *Evaluación de impacto ambiental*. 2005.
- [12] M. Perevochtchikova, “La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales”, *Gestión y política pública*, vol. 22, núm. 2, pp. 283–312, 2013, [En línea]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792013000200001%0Ahttp://www.scielo.org.mx/pdf/gpp/v22n2/v22n2a1.pdf
- [13] M. de Miró Orell y A. Tulla, “Métodos de evaluación de impactos medioambientales”, *II Curso de Postgrado sobre Evaluación de Impactos Ambientales*, p. 63, 1994.
- [14] Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), “Resolucion 0643 de 2004”, *Diario Oficial*, vol. 45.576, núm. 45, p. 6, 2004.
- [15] C. Ezra, “POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (PCG) DE LOS REFRIGERANTES: ¿POR QUÉ SE USAN VALORES ESPECÍFICOS?”, *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)*, 2016, [En línea]. Disponible en: www.unep.org/ozonacCon&&
- [16] L. D. Fernandez Betancur, “ENERGÍAS ALTERNATIVAS”, *REVISTA TECNO LOGICAS*, vol. No.14, 2005.
- [17] A. Antón Vallejo, “UTILIZACIÓN DEL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA EN LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL CULTIVO BAJO INVERNADERO

- MEDITERRÁNEO”, UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA, Barcelona, 2004.
- [18] Internacional Organization For Standardization (ISO), *INTERNATIONAL STANDARD ISO 7708*. 1995. [En línea]. Disponible en: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3d94911b-c370-4619->
- [19] E. D. Maury Cabrera y C. Brossard González, “IMPACTO AMBIENTAL DE SUSTANCIAS AGOTADORAS DE OZONO”, *Quimica Tecnológica*, vol. XXV, núm. 2, pp. 21–25, 2005.
- [20] European Environment Agency, “El Medio Ambiente En Europa: Segunda Evaluación.”, *European Environment Agency*, 2007.
- [21] J. L. Inche Mitma, *Gestion de la Calidad del Aire: Causas, Efectos y Soluciones*, vol. 1. 2004. [En línea]. Disponible en: https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/libros/mambiente/gest_cal/pdf/t_completo.pdf
- [22] US-EPA, “Protecting Coastal Waters from Nonpoint Source Pollution”, *U.S. Environmental Protection Agency*. 1997.
- [23] G. L. Vásquez Zapata, L. Herrera Orozco, J. R. Cantera Kintz, A. Galvis Castaño, D. A. Cardona Zea, y I. C. Hurtado Sánchez, “Metodología para determinar niveles de eutrofización en ecosistemas acuáticos”, *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, vol. 24, pp. 112–128, 2012.
- [24] L. X. Rodríguez Ortiz, “Diseño Del Sistema De Indicadores Ambientales Aplicado Al Sistema De Gestion Ambienta De La Central Hidroelectrica de Chvor”, 2007.
- [25] C. Pérez Ramírez, L. Zizumbo Villarreal, y M. González Vera, “Impacto ambiental del turismo en áreas naturales protegidas; procedimiento metodológico para el análisis en el Parque Estatal El Ocotil, México”, *El Periplo Sustentable*, núm. 16, p. 25, 2009, doi: 10.21854/eps.v0i16.921.

- [26] H. Cardona Trujillo y U. F. Carmona García, “Análisis del ciclo de vida de la explotación de carbón en la cuenca del Sinifaná, Antioquia”, *Producción + Limpia*, vol. 12, núm. 1, pp. 33–40, 2017, doi: 10.22507/pml.v12n1a3.
- [27] ICONTEC, *NORMA TECNICA COLOMBIA NTC-ISO14040. Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia*, vol. 2, núm. 571. 2007. [En línea]. Disponible en: http://files.control-ambiental5.webnode.com.co/200000127-a0991a28c5/NTC-ISO14040-2007 Analisis_CicloVida.pdf
- [28] E. Gasiorowski-denis, “Construyendo un futuro sostenible con la ISO 21930”, 2017.
- [29] International Standard For Organization, *ISO 21930: Sostenibilidad en la construcción de edificios - Declaración ambiental de productos de construcción*, 1a ed. 2007.
- [30] H. Rodas Andrade, *Estructuras 1: Apuntes De Clase*. 2014. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/693803.pdf>
- [31] U. Padilla, *Costo y presupuesto de la obra*. 2015.
- [32] W. Dias, “Useful Life of Buildings”, núm. June, pp. 1–16, 2003, [En línea]. Disponible en: <http://slaasmb.gov.lk/wp-content/uploads/2015/10/USEFUL-LIFE-OF-BUILDINGS.pdf>
- [33] “Distrito histórico del Viejo Quebec - Centro del Patrimonio Mundial de la UNESCO”. <https://whc.unesco.org/en/list/300> (consultado el 24 de julio de 2021).
- [34] World Climate & Temperature, “Map of Quebec City, Quebec, Canada”, *World Climate & Temperature*, 2017. <http://www.quebec-city.climateemps.com/map.php> (consultado el 7 de julio de 2021).
- [35] Statistics Canada, “Census Profile, 2016 Census - Québec, Ville [Census subdivision], Quebec and Québec, Territoire équivalent [Census division], Quebec”, *Statistics Canada Catalogue no. 98-316-X2016001*, 2016.

- pd/prof/details/page.cfm?Lang=E&Geo1=CSD&Code1=2423027&Geo2=CD&Code2=2423 (consultado el 7 de julio de 2021).
- [36] Statistics Canada, “Population and Dwelling Count Highlight Tables, 2016 Census”, *Statistics Canada*, 2016. <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/hltfst/pd-pl/Table.cfm?Lang=Eng&T=302&SR=1&S=86&O=A&RPP=9999&PR=12> (consultado el 8 de julio de 2021).
- [37] City Maps Quebec, “Quebec City on map”, *City Maps Quebec*. <https://maps-quebec-city.com/quebec-city-on-map> (consultado el 7 de julio de 2021).
- [38] Watchmojo, “The Geography Of Québec City”, *Watchmojo*, 2020. <https://www.watchmojo.com/video/id/7917> (consultado el 7 de julio de 2021).
- [39] Climates to travel, “Climate - Quebec City (Canada)”, *Climates to travel*. <https://www.climatestotravel.com/climate/canada/quebec-city> (consultado el 7 de julio de 2021).
- [40] Québec City, “Wildlife Watching”, *Québec City*, 2020. <https://www.quebec-cite.com/en/what-to-do-quebec-city/wildlife-watching> (consultado el 7 de julio de 2021).
- [41] les Amis de la réserve nationale de faune du Lac Saint-François, “Discover the natural diversity of the reserve”, *Les Amis de la réserve nationale de faune du Lac Saint-François*. <https://www.amisrnlacstfrancois.com/en/fauna-flora/> (consultado el 7 de julio de 2021).
- [42] Aquasafe-admin, “Quebec City Drinking Water – A Shining Example?”, *Aquasafe System*, 2013. <https://aquasafecanada.com/quebec-city-drinking-water-a-shining-example/> (consultado el 7 de julio de 2021).
- [43] Canada Energy Regulator, “Provincial and Territorial Energy Profiles – Quebec”, *Canada Energy Regulator*, 2019. <https://www.cer-rec.gc.ca/en/data-analysis/energy-markets/provincial-territorial-energy-profiles/provincial-territorial-energy-profiles-quebec.html> (consultado el 7 de julio de 2021).

- [44] Québec First, “Transportation”, *Québec First*. <https://www.quebecentete.com/en/living-in-quebec-city/transportation/> (consultado el 7 de julio de 2021).
- [45] Weather Atlas, “Monthly weather forecast and climate Quebec city, Canada”, *Weather Atlas*. <https://www.weather-atlas.com/en/canada/quebec-city-climate> (consultado el 7 de julio de 2021).
- [46] Halifax Regional Municipality, “HRM Region”, *Halifax Regional Municipality*. <https://web.archive.org/web/20040601214141/http://www.halifax.ca:80/regionalplanning/Region/region.html> (consultado el 7 de julio de 2021).
- [47] Nippon Express, “Nippon Express Canada opens Halifax Office”, *Nippon Express*. <https://www.nipponexpress.com/press/release/2018/23-Jul-18.html>
- [48] Worldwide Elevation Map Finder, “Elevation map of Halifax, NS, Canada”, *Worldwide Elevation Map Finder*, 2021. https://elevation.maplogs.com/poi/halifax_ns_canada.14945.html (consultado el 8 de julio de 2021).
- [49] LatLong, “Halifax, NS, Canada”, *LatLong*. <https://www.latlong.net/place/halifax-ns-canada-4285.html> (consultado el 8 de julio de 2021).
- [50] Weather Spark, “Average Weather in Halifax”, *Weather Spark*. <https://weatherspark.com/y/28434/Average-Weather-in-Halifax-Canada-Year-Round> (consultado el 8 de julio de 2021).
- [51] Climates to travel, “Climate - Nova Scotia (Canada)”, *Climates to travel*. <https://www.climatestotravel.com/climate/canada/nova-scotia> (consultado el 8 de julio de 2021).
- [52] K. Hartai, “New report finds Nova Scotia is home to 28 uniquely-Canadian plants and animals”, *Halifax Today*, 2020. <https://www.halifaxtoday.ca/local-news/new-report-finds-nova-scotia-is-home-to-28-uniquely-canadian-plants-and-animals-2411076> (consultado el 8 de julio de 2021).

- [53] Halifax Water, “Source Water Protection”, *Halifax Water*. <https://www.halifaxwater.ca/protected-water-areas> (consultado el 8 de julio de 2021).
- [54] Government of Canada, “Canadian Climate Normals 1981-2010 Station Data”, *Government of Canada*, 2021. https://climate.weather.gc.ca/climate_normals/results_1981_2010_e.html?stnID=6357&lang=e&StationName=Halifax+Citadel&SearchType=Contains&stnNameSubmit=go&dCode=4&dispBack=1 (consultado el 8 de julio de 2021).
- [55] Canada Energy Regulator, “Canada’s Renewable Power Landscape 2017 – Energy Market Analysis”, *Canada Energy Regulator*, 2017. <https://www.cer-rec.gc.ca/en/data-analysis/energy-commodities/electricity/report/2017-canadian-renewable-power/province/canadas-renewable-power-landscape-2017-energy-market-analysis-nova-scotia.html> (consultado el 8 de julio de 2021).
- [56] Moving 2 Canada, “All you need to know about moving to Halifax, Nova Scotia”, *Moving 2 Canada*. <https://moving2canada.com/life-in-halifax/> (consultado el 8 de julio de 2021).
- [57] Canadian Encyclopedia, “Winnipeg”, *Canadian Encyclopedia*, 2014. <https://web.archive.org/web/20140224035342/http://www.thecanadianencyclopedia.com/en/article/winnipeg/> (consultado el 9 de julio de 2021).
- [58] E. Britannica, “Manitoba province, Canada”, *Encyclopaedia Britannica*. <https://www.britannica.com/place/Manitoba> (consultado el 9 de julio de 2021).
- [59] Topographic-map, “Winnipeg (city)”, *Topographic-map*. <https://fr-fr.topographic-map.com/maps/eqim/Winnipeg-city/> (consultado el 9 de julio de 2021).
- [60] Statistics Canada, “Census Profile, 2016 Census Winnipeg, City [Census subdivision], Manitoba and Division No. 11, Census division [Census division], Manitoba”, *Statistics Canada*, 2016. <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/prof/details/page.cfm?Lang=E&Geo1=CSD&Code1=4611040&Geo2=CD&Code2=4611&Data=Count&SearchText=Winnipeg&SearchType=Begins&SearchPR=01&B1=All&TABID=1> (consultado el 9 de julio de 2021).

- [61] Statistics Canada, “Census subdivision of Winnipeg, CY - Manitoba”, *Statistics Canada*, 2011. <https://web.archive.org/web/20140303104523/http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/as-sa/fogs-spg/Facts-csd-eng.cfm?LANG=Eng&GK=CSD&GC=4611040> (consultado el 9 de julio de 2021).
- [62] City of Winnipeg – Municipal Government, “Census Metropolitan Area (CMA)”, *City of Winnipeg – Municipal Government*, 2011. <https://winnipeg.ca/census/includes/Geographies.stm#Neighbourhoods> (consultado el 9 de julio de 2021).
- [63] Powertec Solar, “All About Winnipeg Climate and Geography”, *Powertec Solar*, 2020. <https://powertecsolar.ca/winnipeg-climate-geography/> (consultado el 9 de julio de 2021).
- [64] International Lake Environment Committee, “Lake Winnipeg”, *International Lake Environment Committee*, 2007. <https://web.archive.org/web/20070210173421/http://www.ilec.or.jp/database/nam/nam-08.html> (consultado el 9 de julio de 2021).
- [65] Weather Base, “WINNIPEG, MANITOBA”, *Weather Base*. [http://www.weatherbase.com/weather/weather-summary.php3?s=25817&cityname=Winnipeg%2C+Manitoba%2C+Canada&units=\)](http://www.weatherbase.com/weather/weather-summary.php3?s=25817&cityname=Winnipeg%2C+Manitoba%2C+Canada&units=)) (consultado el 9 de julio de 2021).
- [66] Government of Canada, “Canadian Climate Normals 1971-2000 Station Data”, *Government of Canada*, 2010. https://climate.weather.gc.ca/climate_normals/results_e.html?stnID=3698&prov=&lang=e&dCode=1&dispBack=1&StationName=Winnipeg&SearchType=Contains&province=ALL&provBut=&month1=0&month2=12 (consultado el 9 de julio de 2021).
- [67] City of Winnipeg – Municipal Government, “Background (Natural History Perspective of Winnipeg)”, *City of Winnipeg – Municipal Government*, 2012. <https://web.archive.org/web/20120306074227/http://www.winnipeg.ca/publicworks/naturalist/ns/natureareas/Background.asp> (consultado el 9 de julio de 2021).

- [68] City of Winnipeg – Municipal Government, “Shoal Lake and Winnipeg’s Drinking Water”, *City of Winnipeg – Municipal Government*, 2021. <https://www.winnipeg.ca/waterandwaste/water/shoalLake.stm> (consultado el 9 de julio de 2021).
- [69] Manitoba Hydro, “Facilities & operations”, *Manitoba Hydro*. <https://www.hydro.mb.ca/corporate/facilities/> (consultado el 9 de julio de 2021).
- [70] Downtown Winnipeg BIZ, “Winnipeg Transit”, *Downtown Winnipeg BIZ*. <https://downtownwinnipegbiz.com/getting-around/public-transit/> (consultado el 9 de julio de 2021).
- [71] Alcaldía de Pasto, “Información General - Pasto - Nariño - Colombia”, *Alcaldía de Pasto*, 2012. <https://www.pasto.gov.co/index.php/nuestro-municipio/informacion-general> (consultado el 11 de julio de 2021).
- [72] Alcaldía de Pasto, “Estadísticas - Municipio de Pasto”, *Alcaldía de Pasto*, 2018. <https://www.pasto.gov.co/index.php/nuestro-municipio/estadisticas> (consultado el 11 de julio de 2021).
- [73] Mdignagmpasto, “MUNICIPIO DE PASTO DEPARTAMENTO DE NARIÑO”, *Mdignagmpasto*, 2013. <http://mdignagmpasto.blogspot.com/2013/05/historia-del-municipio-de-pasto.html> (consultado el 11 de julio de 2021).
- [74] Mintrabajo, “Demografía y Población Información General Demografía y Población Educación”, vol. 2, 2020.
- [75] Identidad Culturalcudad De Pasto, “UBICACION GEOGRAFICA”, *Identidad Culturalcudad De Pasto*. <https://sites.google.com/site/identidadculturalcudaddepasto/home/ubicacion-geografica> (consultado el 11 de julio de 2021).
- [76] Climate-Data, “CLIMA PASTO (COLOMBIA)”, *Climate-Data*. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/narino/pasto-3811/> (consultado el 11 de julio de 2021).

- [77] Alcaldía de Pasto, “Empopasto produce agua de calidad para el consumo humano, todo el día, todos los días”, *Alcaldía de Pasto*, 2017. <https://www.pasto.gov.co/index.php/alcaldia-al-dia/9813-empopasto-produce-agua-de-calidad-para-el-consumo-humano-todo-el-dia-todos-los-dias> (consultado el 11 de julio de 2021).
- [78] CEDENAR, “Quienes Somos”, *CEDENAR*. <https://www.cedenar.com.co/webcedenar/quienessomos/> (consultado el 11 de julio de 2021).
- [79] “SETPasto, Pasto – autobús Horarios, rutas y actualizaciones”. https://moovitapp.com/index/es-419/transporte_p%C3%BAblico-lines-Pasto-5433-1155717 (consultado el 3 de noviembre de 2022).
- [80] J. Eraso y M. Tovar, “ZONIFICACIÓN POR VELOCIDAD DE ONDAD DE CORTE A 30 m (Vs30) EN LA CIUDAD DE SAN JUAN DE PASTO”, *Servicio Geológico Colombiano*, 2015.

ANEXOS

TABLA XXIII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 1.1

ITEM	1.1	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA					MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL			
		Equipo Topografía Nivel Automatico	h	0,04	\$ 12.800		\$ 512	
		Equipo Topografía Estacion	h	0,04	\$ 18.000		\$ 720	
		Puntilla de acero 1"	Lb	0,02		\$ 5.800	\$ 116	
		Pintura bituminosa de aluminio	Gl	0,006		\$ 90.100	\$ 541	
		Cuadrilla topografia: 1 Tecnologo en Topografia + 0 Tecnico Oficial + 2 Cadeneros	h-H	0,005		\$ 222.270	\$ 1.111	
		DIRECTO	m2				\$ 3.000	

TABLA XXIV. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 1.2

ITEM	1.2	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA					MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO
ESTUDIO DE SUELO Y GEOTECNIA		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL			
		Equipo SPT de Perforacion Manual	h	1	\$ 320.000		\$ 320.000	
		Cuadrilla Geotecnista	h-H	1		\$ 1.177.000	\$ 1.177.000	
		DIRECTO	GLB				\$ 1.497.000	

TABLA XXV. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 1.3

ITEM	1.3	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA					MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO
DISEÑO ARQUITECTONICO DEL EDIFICIO		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL			
		Arquitecto + Delineador Tecnico	m2	1		\$ 14.000	\$ 14.000	
		DIRECTO	m2				\$ 14.000	

TABLA XXVI. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 1.4

ITEM	1.4	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA					MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO
DISEÑO ESTRUCTURAL Y MOMORIAS DE CALCULO		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL			
		Especialista Estructural	m2	1		\$ 19.000	\$ 19.000	
		DIRECTO	m2				\$ 19.000	

TABLA XXVII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 1.5

ITEM	1.5	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA						
DISEÑO HIDRÁULICO, SANITARIO Y DE AGUAS LLUVIAS DE EDIFICIO		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO	
	Ingeniero Sanitario	m2	1			\$ 9.000	\$ 9.000	
	DIRECTO	m2					\$ 9.000	

TABLA XXVIII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 1.6

ITEM	1.6	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA						
DISEÑO ELÉCTRICO Y MEMORIAS DE CÁLCULO PARA EDIFICIO		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO	
	Ingeniero Electrico	m2	1			\$ 17.000	\$ 17.000	
	DIRECTO	m2					\$ 17.000	

TABLA XXIX. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 1.7

ITEM	1.7	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA						
DESCAPOTE DE TERRENO		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO	
	Retrocargador	h	0,04	\$ 90.000			\$ 3.600	
	Operario	h-H	0,006			\$ 150.000	\$ 900	
	DIRECTO	m2					\$ 4.500	

TABLA XXX. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 1.8

ITEM	1.8	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA						
REPLANTEO ARQUITECTÓNICO		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO	
	Equipo Topografia Nivel Automatico	h	0,04	\$ 12.800			\$ 512	
	Equipo Topografia Estacion	h	0,04	\$ 18.000			\$ 720	
	Listones	Und	0,2		\$ 18.000		\$ 3.600	
	Tabla	Und	0,2		\$ 14.500		\$ 2.900	
	Cimbra	Und	0,05		\$ 30.800		\$ 1.540	
	Puntilla de acero 1"	Lb	0,02		\$ 5.800		\$ 116	
	Cuadrilla topografia: 1 Tecnologo en Topografia + 0 Tecnico Oficial + 2 Cadeneros	h-H	0,005			\$ 222.270	\$ 1.111	
	DIRECTO	m2					\$ 10.499	

TABLA XXXI. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 2.1

ITEM	2.1	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA						
	NIVELACIÓN DE TERRENO	UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO	
	Retrocargador	h	0,04	\$ 90.000			\$ 3.600	
	Operario	h-H	0,006			\$ 150.000	\$ 900	
	DIRECTO	m2					\$ 4.500	

TABLA XXXII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 2.2

ITEM	2.2	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA						
	EXCAVACIÓN MECÁNICA EN CONGLOMERADO	UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO	
	Retroexcavadora	h	0,04	\$ 106.000			\$ 4.240	
	Operario	h-H	0,005			\$ 152.000	\$ 760	
	DIRECTO	m3					\$ 5.000	

TABLA XXXIII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 3.1

ITEM	3.1	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA						
	PERFIL W14X30 (incluye pintura de base anticorrosiva y montaje)	UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO	
	Cizalla o disco de corte	Und	0,005	\$ 24.600			\$ 123	
	Pulidora	Und	0,009	\$ 18.000			\$ 162	
	Compresor	Und	0,004	\$ 45.000			\$ 180	
	Soldador	Und	0,0055	\$ 30.000			\$ 165	
	Perfil W14X30	kg	1		\$ 3.146		\$ 3.146	
	Soldadura	kg	0,05		\$ 6.500		\$ 325	
	Pintura Anticorrosiva fenolica	Gln	0,007		\$ 35.000		\$ 245	
	Cuadrilla Soldadura B: 4 Soldador B + 6 Ayudantes practicos B	h-H	0,003			\$ 400.000	\$ 1.200	
	Cuadrilla Soldadura A1: 2 Soldador A1 + 8 Ayudantes practicos A1	h-H	0,003			\$ 350.000	\$ 1.050	
	DIRECTO	kg					\$ 5.546	

TABLA XXXIV. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 3.2

ITEM	3.2	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA					Vlr.
PERFIL W18X65 (incluye pintura de base anticorrosiva y montaje)	UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	UNITARIO	
Cizalla o disco de corte	Und	0,005	\$ 24.600			\$ 123	
Pulidora	Und	0,009	\$ 18.000			\$ 162	
Compresor	Und	0,004	\$ 45.000			\$ 180	
Soldador	Und	0,0055	\$ 30.000			\$ 165	
Perfil W14X30	kg	1		\$ 4.526		\$ 4.526	
Soldadura	kg	0,05		\$ 6.500		\$ 325	
Pintura Anticorrosiva fenolica	Gln	0,007		\$ 35.000		\$ 245	
Cuadrilla Soldadura B: 4 Soldador B + 6 Ayudantes practicos B	h-H	0,003			\$ 400.000	\$ 1.200	
Cuadrilla Soldadura A1: 2 Soldador A1 + 8 Ayudantes practicos A1	h-H	0,003			\$ 350.000	\$ 1.050	
DIRECTO	kg					\$ 6.926	

TABLA XXXV. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 3.3

ITEM	3.3	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA					Vlr.
PERFIL W18X86 (incluye pintura de base anticorrosiva y montaje)	UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	UNITARIO	
Cizalla o disco de corte	Und	0,005	\$ 24.600			\$ 123	
Pulidora	Und	0,009	\$ 18.000			\$ 162	
Compresor	Und	0,004	\$ 45.000			\$ 180	
Soldador	Und	0,0055	\$ 30.000			\$ 165	
Perfil W14X30	kg	1		\$ 5.380		\$ 5.380	
Soldadura	kg	0,05		\$ 6.500		\$ 325	
Pintura Anticorrosiva fenolica	Gln	0,007		\$ 35.000		\$ 245	
Cuadrilla Soldadura B: 4 Soldador B + 6 Ayudantes practicos B	h-H	0,003			\$ 400.000	\$ 1.200	
Cuadrilla Soldadura A1: 2 Soldador A1 + 8 Ayudantes practicos A1	h-H	0,003			\$ 350.000	\$ 1.050	
DIRECTO	kg					\$ 7.780	

TABLA XXXVI. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 3.4

ITEM	3.4	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA					MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO
PERFIL HP18X135 (incluye pintura de base anticorrosiva y montaje)		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL			
	Cizalla o disco de corte	Und	0,005	\$ 24.600			\$ 123	
	Pulidora	Und	0,009	\$ 18.000			\$ 162	
	Compresor	Und	0,004	\$ 45.000			\$ 180	
	Soldador	Und	0,0055	\$ 30.000			\$ 165	
	Perfil W14X30	kg	1		\$ 7.890		\$ 7.890	
	Soldadura	kg	0,05		\$ 6.500		\$ 325	
	Pintura Anticorrosiva fenolica	Gln	0,007		\$ 35.000		\$ 245	
	Cuadrilla Soldadura B: 4 Soldador B + 6 Ayudantes practicos B	h-H	0,003			\$ 400.000	\$ 1.200	
	Cuadrilla Soldadura A1: 2 Soldador A1 + 8 Ayudantes practicos A1	h-H	0,003			\$ 350.000	\$ 1.050	
	DIRECTO	kg					\$ 10.290	

TABLA XXXVII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 4.1

ITEM	4.1	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA					MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO
PLACA STEEL-DECK CALIBRE 22		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL			
	Herramienta menor	h	0,2	\$ 2.000			\$ 400	
	Cortadora metal industrial	Und	0,2	\$ 4.000			\$ 800	
	Gratadora metal	Und	0,2	\$ 9.000			\$ 1.800	
	Steel deck cal.22	Und	0,32		\$ 354.690		\$ 113.501	
	Conector de cortante	Und	2		\$ 2.900		\$ 5.800	
	Alambre negro no 18	kg	0,055		\$ 4.165		\$ 229	
	Malla electrosoldada M283 6mm c/0.10	kg	1,1		\$ 5.700		\$ 6.270	
	Cuadrilla estructura: 1 Tecnologo en Construccion + 1 Oficial + 6 Ayudantes	h-H	0,02			\$ 460.000	\$ 9.200	
	DIRECTO	m2					\$ 138.000	

TABLA XXXVIII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 4.2

ITEM	4.2	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA					MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO
LOSA MACIZA H= 15CM		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL			
	Herramienta menor	h	0,2	\$ 2.000			\$ 400	
	Mezcladora para concreto	h	2	\$ 7.500			\$ 15.000	
	Formaleta	h	2	\$ 3.500			\$ 7.000	
	Triturado de planta tamiz 3/4"	m3	0,2		\$ 35.000		\$ 7.000	
	Arena	m3	0,3		\$ 55.000		\$ 16.500	
	Cemento bto de 50kg	blt	0,4		\$ 30.500		\$ 12.200	
	Agua	Lts	0,005		\$ 40.000		\$ 200	
	Cuadrilla estructura: 1 Tecnologo en Construccion + 1 Oficial + 6 Ayudantes	h-H	0,02			\$ 460.000	\$ 9.200	
	DIRECTO	m2					\$ 67.500	

TABLA XXXIX. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 5.1

ITEM	5.1	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA					MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO
ZAPATA EN CONCRETO DE 1.5M X 1.5M DE RESISTENCIA 3500 PSI		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL			
	Herramienta menor	h	0,5	\$ 18.000			\$ 9.000	
	Mezcladora para concreto	h	1	\$ 11.245			\$ 11.245	
	Formaleta	h	2	\$ 21.000			\$ 42.000	
	Barra de acero corrugado de 5/8"	kg	30		\$ 6.872		\$ 206.160	
	Alambre negro no 18	kg	3		\$ 4.165		\$ 12.495	
	Triturado de planta tamiz 3/4"	m3	0,76		\$ 35.000		\$ 26.600	
	Arena	m3	0,6		\$ 55.000		\$ 33.000	
	Cemento bto de 50kg	blt	7,8		\$ 30.500		\$ 237.900	
	Agua	Lts	180		\$ 120		\$ 21.600	
	Cuadrilla estructura: 1 Tecnologo en Construccion + 1 Oficial + 6 Ayudantes	h-H	1			\$ 460.000	\$ 460.000	
	DIRECTO	m3					\$ 1.060.000	

TABLA XL. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 5.2

ITEM	5.2	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA					MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO
ZAPATA EN CONCRETO DE 1.6M X 1.6M DE RESISTENCIA 3500 PSI		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL			
	Herramienta menor	h	0,5	\$ 18.000			\$ 9.000	
	Mezcladora para concreto	h	1	\$ 11.245			\$ 11.245	
	Formaleta	h	2	\$ 21.000			\$ 42.000	
	Barra de acero corrugado de 5/8"	kg	30		\$ 6.872		\$ 206.160	
	Alambre negro no 18	kg	3		\$ 4.165		\$ 12.495	
	Triturado de planta tamiz 3/4"	m3	0,76		\$ 35.000		\$ 26.600	
	Arena	m3	0,6		\$ 55.000		\$ 33.000	
	Cemento bto de 50kg	blt	7,8		\$ 30.500		\$ 237.900	
	Agua	Lts	180		\$ 120		\$ 21.600	
	Cuadrilla estructura: 1 Tecnologo en Construccion + 1 Oficial + 6 Ayudantes	h-H	1			\$ 460.000	\$ 460.000	
	DIRECTO	m3					\$ 1.060.000	

TABLA XLI. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA, ITEM 5.3

ITEM	5.3	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA METALICA					MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO
ZAPATA EN CONCRETO DE 1.9M X 1.9M DE RESISTENCIA 3500 PSI		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL			
	Herramienta menor	h	0,5	\$ 18.000			\$ 9.000	
	Mezcladora para concreto	h	1	\$ 11.245			\$ 11.245	
	Formaleta	h	2	\$ 27.979			\$ 55.958	
	Barra de acero corrugado de 5/8"	kg	36,7		\$ 6.872		\$ 252.202	
	Alambre negro no 18	kg	3		\$ 4.165		\$ 12.495	
	Triturado de planta tamiz 3/4"	m3	0,76		\$ 35.000		\$ 26.600	
	Arena	m3	0,6		\$ 55.000		\$ 33.000	
	Cemento bto de 50kg	blt	7,8		\$ 30.500		\$ 237.900	
	Agua	Lts	180		\$ 120		\$ 21.600	
	Cuadrilla estructura: 1 Tecnologo en Construccion + 1 Oficial + 6 Ayudantes	h-H	1			\$ 460.000	\$ 460.000	
	DIRECTO	m3					\$ 1.120.000	

TABLA XLII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 1.1

ITEM	1.1	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO						
	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO	
	Equipo Topografia Nivel Automatico	h	0,04	\$ 12.800			\$ 512	
	Equipo Topografia Estacion	h	0,04	\$ 18.000			\$ 720	
	Puntilla de acero 1"	Lb	0,02		\$ 5.800		\$ 116	
	Pintura bituminosa de aluminio	Gl	0,006		\$ 90.100		\$ 541	
	Cuadrilla topografia: 1 Tecnologo en Topografia + 0 Tecnico Oficial + 2 Cadeneros	h-H	0,005			\$ 222.270	\$ 1.111	
	DIRECTO	m2					\$ 3.000	

TABLA XLIII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 1.2

ITEM	1.2	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO						
	ESTUDIO DE SUELO Y GEOTECNIA	UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO	
	Equipo SPT de Perforacion Manual	h	1	\$ 320.000			\$ 320.000	
	Cuadrilla Geotecnista	h-H	1			\$ 1.177.000	\$ 1.177.000	
	DIRECTO	GLB					\$ 1.497.000	

TABLA XLIV. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 1.3

ITEM	1.3	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO						
	DISEÑO ARQUITECTONICO DEL EDIFICIO	UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO	
	Arquitecto + Delineador Tecnico	m2	1			\$ 14.000	\$ 14.000	
	DIRECTO	m2					\$ 14.000	

TABLA XLV. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 1.4

ITEM	1.4	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO						
	DISEÑO ESTRUCTURAL Y MOMORIAS DE CALCULO	UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO	
	Especialista Estructural	m2	1			\$ 16.000	\$ 16.000	
	DIRECTO	m2					\$ 16.000	

TABLA XLVI. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 1.5

ITEM	1.5	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO						
	DISEÑO HIDRÁULICO, SANITARIO Y DE AGUAS LLUVIAS DE EDIFICIO	UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO	
	Ingeniero Sanitario	m2	1			\$ 9.000	\$ 9.000	
	DIRECTO	m2					\$ 9.000	

TABLA XLVII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 1.6

ITEM	1.6	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO					Vlr.
DISEÑO ELÉCTRICO Y MEMORIAS DE CÁLCULO PARA EDIFICIO		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	UNITARIO
	Ingeniero Electrico	m2	1			\$ 17.000	\$ 17.000
	DIRECTO	m2					\$ 17.000

TABLA XLVIII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 1.7

ITEM	1.7	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO					Vlr.
DESCAPOTE DE TERRENO		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	UNITARIO
	Retrocargador	h	0,04	\$ 90.000			\$ 3.600
	Operario	h-H	0,006			\$ 150.000	\$ 900
	DIRECTO	m2					\$ 4.500

TABLA XLIX. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 1.8

ITEM	1.8	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO					Vlr.
REPLANTEO ARQUITECTÓNICO		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	UNITARIO
	Equipo Topografia Nivel Automatico	h	0,04	\$ 12.800			\$ 512
	Equipo Topografia Estacion	h	0,04	\$ 18.000			\$ 720
	Listones	Und	0,2		\$ 18.000		\$ 3.600
	Tabla	Und	0,2		\$ 14.500		\$ 2.900
	Cimbra	Und	0,05		\$ 30.800		\$ 1.540
	Puntilla de acero 1"	Lb	0,02		\$ 5.800		\$ 116
	Cuadrilla topografia: 1 Tecnologo en Topografia + 0 Tecnico Oficial + 2 Cadeneros	h-H	0,005			\$ 222.270	\$ 1.111
	DIRECTO	m2					\$ 10.499

TABLA L. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 2.1

ITEM	2.1	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO					Vlr.
NIVELACIÓN DE TERRENO		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	UNITARIO
	Retrocargador	h	0,04	\$ 90.000			\$ 3.600
	Operario	h-H	0,006			\$ 150.000	\$ 900
	DIRECTO	m2					\$ 4.500

TABLA LI. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 2.2

ITEM	2.2	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO					Vlr.
EXCAVACIÓN MECÁNICA EN CONGLOMERADO		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	UNITARIO
	Retroexcavadora	h	0,04	\$ 106.000			\$ 4.240
	Operario	h-H	0,005			\$ 152.000	\$ 760
	DIRECTO	m3					\$ 5.000

TABLA LII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 3.1

ITEM	3.1	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO					Vlr.
COLUMNA DE CONCRETO 50CM X 60CM DE RESISTENCIA 3500 PSI		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	UNITARIO
	Herramienta menor	h	0,5	\$ 25.000			\$ 12.500
	Mezcladora para concreto	h	3	\$ 15.760			\$ 47.280
	Formaleta	h	2	\$ 56.000			\$ 112.000
	Barra de acero corrugado de 3/4"	kg	32,5		\$ 7.235		\$ 235.138
	Barra de acero corrugado de 3/8"	kg	20,5		\$ 4.956		\$ 101.598
	Alambre negro no 18	kg	9,216		\$ 4.165		\$ 38.385
	Triturado de planta tamiz 3/4"	m3	0,76		\$ 35.000		\$ 26.600
	Arena	m3	0,6		\$ 55.000		\$ 33.000
	Cemento bto de 50kg	blt	7,8		\$ 30.500		\$ 237.900
	Agua	Lts	180		\$ 120		\$ 21.600
	Cuadrilla estructura: 1 Tecnologo en Construccion + 2 Oficial + 4 Ayudantes	h-H	2,8			\$ 780.000	\$ 2.184.000
	DIRECTO	m3					\$ 3.050.000

TABLA LIII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 3.2

ITEM	3.2	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO					Vlr.
COLUMNA DE CONCRETO 45CM X 60CM DE RESISTENCIA 3500 PSI		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	UNITARIO
	Herramienta menor	h	0,5	\$ 25.000			\$ 12.500
	Mezcladora para concreto	h	3	\$ 15.760			\$ 47.280
	Formaleta	h	2	\$ 51.901			\$ 103.802
	Barra de acero corrugado de 3/4"	kg	28,2		\$ 7.235		\$ 204.027
	Barra de acero corrugado de 3/8"	kg	17,7		\$ 4.956		\$ 87.721
	Alambre negro no 18	kg	8,3		\$ 4.165		\$ 34.570
	Triturado de planta tamiz 3/4"	m3	0,76		\$ 35.000		\$ 26.600
	Arena	m3	0,6		\$ 55.000		\$ 33.000
	Cemento bto de 50kg	blt	7,8		\$ 30.500		\$ 237.900
	Agua	Lts	180		\$ 120		\$ 21.600
	Cuadrilla estructura: 1 Tecnologo en Construccion + 2 Oficial + 4 Ayudantes	h-H	2,67			\$ 780.000	\$ 2.082.600
	DIRECTO	m3					\$ 2.891.600

TABLA LIV. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 3.3

ITEM	3.3	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO					MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO
VIGA DE CONCRETO 45CM X 45CM DE RESISTENCIA 3500 PSI		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL			
	Herramienta menor	h	0,5	\$ 25.000			\$ 12.500	
	Mezcladora para concreto	h	2,426	\$ 15.760			\$ 38.234	
	Formaleta	h	1,5	\$ 51.900			\$ 77.850	
	Barra de acero corrugado de 3/4"	kg	21		\$ 7.235		\$ 151.935	
	Barra de acero corrugado de 3/8"	kg	11		\$ 4.956		\$ 54.516	
	Alambre negro no 18	kg	7,3		\$ 4.165		\$ 30.405	
	Triturado de planta tamiz 3/4"	m3	0,76		\$ 35.000		\$ 26.600	
	Arena	m3	0,6		\$ 55.000		\$ 33.000	
	Cemento bto de 50kg	blt	7,8		\$ 30.500		\$ 237.900	
	Agua	Lts	180		\$ 120		\$ 21.600	
	Cuadrilla estructura: 1 Tecnologo en Construccion + 2 Oficial + 4 Ayudantes	h-H	1,7			\$ 780.000	\$ 1.326.000	
	DIRECTO	m3					\$ 2.010.539	

TABLA LV. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 3.4

ITEM	3.4	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO					MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO
VIGA DE CONCRETO 40CM X 45CM DE RESISTENCIA 3500 PSI		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL			
	Herramienta menor	h	0,5	\$ 25.000			\$ 12.500	
	Mezcladora para concreto	h	2,56	\$ 15.699			\$ 40.188	
	Formaleta	h	1,34	\$ 51.800			\$ 69.412	
	Barra de acero corrugado de 3/4"	kg	16,5		\$ 7.235		\$ 119.378	
	Barra de acero corrugado de 3/8"	kg	8		\$ 4.956		\$ 39.648	
	Alambre negro no 18	kg	5,3		\$ 4.165		\$ 22.075	
	Triturado de planta tamiz 3/4"	m3	0,76		\$ 35.000		\$ 26.600	
	Arena	m3	0,6		\$ 55.000		\$ 33.000	
	Cemento bto de 50kg	blt	7,8		\$ 30.500		\$ 237.900	
	Agua	Lts	180		\$ 120		\$ 21.600	
	Cuadrilla estructura: 1 Tecnologo en Construccion + 2 Oficial + 4 Ayudantes	h-H	1,6			\$ 780.000	\$ 1.248.000	
	DIRECTO	m3					\$ 1.870.300	

TABLA LVI. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 3.5

ITEM	3.5	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO					Vlr.
VIGA DE CONCRETO 35CM X 45CM DE RESISTENCIA 3500 PSI		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	UNITARIO
	Herramienta menor	h	0,5	\$ 25.000			\$ 12.500
	Mezcladora para concreto	h	2,15	\$ 15.800			\$ 33.970
	Formaleta	h	1,28	\$ 51.800			\$ 66.304
	Barra de acero corrugado de 3/4"	kg	14		\$ 7.234		\$ 101.276
	Barra de acero corrugado de 3/8"	kg	7,1		\$ 4.953		\$ 35.166
	Alambre negro no 18	kg	4		\$ 4.171		\$ 16.684
	Triturado de planta tamiz 3/4"	m3	0,76		\$ 35.000		\$ 26.600
	Arena	m3	0,6		\$ 55.000		\$ 33.000
	Cemento bto de 50kg	blt	7,8		\$ 30.500		\$ 237.900
	Agua	Lts	180		\$ 120		\$ 21.600
	Cuadrilla estructura: 1 Tecnologo en Construccion + 2 Oficial + 4 Ayudantes	h-H	1,25			\$ 780.000	\$ 975.000
	DIRECTO	m3					\$ 1.560.000

TABLA LVII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 4.1

ITEM	4.1	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO					Vlr.
LOSA ALIGERADA H= 35CM		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	UNITARIO
	Herramienta menor	h	0,2	\$ 2.000			\$ 400
	Mezcladora para concreto	h	3	\$ 7.500			\$ 22.500
	Formaleta	h	2,5	\$ 3.500			\$ 8.750
	Triturado de planta tamiz 3/4"	m3	0,2		\$ 35.000		\$ 7.000
	Barra de acero corrugado de 1/2"	kg	14,75		\$ 5.442		\$ 80.270
	Barra de acero corrugado de 3/8"	kg	7,3		\$ 4.951		\$ 36.142
	Alambre negro no 18	kg	3,2		\$ 4.170		\$ 13.344
	Molde de poliestireno expandido para cornisa	m	0,23		\$ 16.800		\$ 3.864
	Arena	m3	0,3		\$ 55.000		\$ 16.500
	Cemento bto de 50kg	blt	1,5		\$ 30.500		\$ 45.750
	Agua	Lts	0,007		\$ 40.000		\$ 280
	Cuadrilla estructura: 1 Tecnologo en Construccion + 1 Oficial + 6 Ayudantes	h-H	0,07			\$ 460.000	\$ 32.200
	DIRECTO	m2					\$ 267.000

TABLA LVIII. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 4.2

ITEM	4.2	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO					MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO
LOSA MACIZA H= 15CM		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL			
	Herramienta menor	h	0,2	\$ 2.000			\$ 400	
	Mezcladora para concreto	h	2	\$ 7.500			\$ 15.000	
	Formaleta	h	2	\$ 3.500			\$ 7.000	
	Triturado de planta tamiz 3/4"	m3	0,2		\$ 35.000		\$ 7.000	
	Arena	m3	0,3		\$ 55.000		\$ 16.500	
	Cemento bto de 50kg	blt	0,4		\$ 30.500		\$ 12.200	
	Agua	Lts	0,005		\$ 40.000		\$ 200	
	Cuadrilla estructura: 1 Tecnologo en Construccion + 1 Oficial + 6 Ayudantes	h-H	0,02			\$ 460.000	\$ 9.200	
	DIRECTO	m2					\$ 67.500	

TABLA LIX. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 5.1

ITEM	5.1	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO					MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO
ZAPATA EN CONCRETO DE 1.6M X 1.6M DE RESISTENCIA 3500 PSI		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL			
	Herramienta menor	h	0,5	\$ 18.000			\$ 9.000	
	Mezcladora para concreto	h	1	\$ 11.245			\$ 11.245	
	Formaleta	h	2	\$ 21.000			\$ 42.000	
	Barra de acero corrugado de 5/8"	kg	30		\$ 6.872		\$ 206.160	
	Alambre negro no 18	kg	3		\$ 4.165		\$ 12.495	
	Triturado de planta tamiz 3/4"	m3	0,76		\$ 35.000		\$ 26.600	
	Arena	m3	0,6		\$ 55.000		\$ 33.000	
	Cemento bto de 50kg	blt	7,8		\$ 30.500		\$ 237.900	
	Agua	Lts	180		\$ 120		\$ 21.600	
	Cuadrilla estructura: 1 Tecnologo en Construccion + 1 Oficial + 6 Ayudantes	h-H	1			\$ 460.000	\$ 460.000	
	DIRECTO	m3					\$ 1.060.000	

TABLA LX. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 5.2

ITEM	5.2	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO					MANO DE OBRA	Vlr. UNITARIO
ZAPATA EN CONCRETO DE 1.9M X 1.9M DE RESISTENCIA 3500 PSI		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL			
	Herramienta menor	h	0,5	\$ 18.000			\$ 9.000	
	Mezcladora para concreto	h	1	\$ 11.245			\$ 11.245	
	Formaleta	h	2	\$ 27.979			\$ 55.958	
	Barra de acero corrugado de 5/8"	kg	36,7		\$ 6.872		\$ 252.202	
	Alambre negro no 18	kg	3		\$ 4.165		\$ 12.495	
	Triturado de planta tamiz 3/4"	m3	0,76		\$ 35.000		\$ 26.600	
	Arena	m3	0,6		\$ 55.000		\$ 33.000	
	Cemento bto de 50kg	blt	7,8		\$ 30.500		\$ 237.900	
	Agua	Lts	180		\$ 120		\$ 21.600	
	Cuadrilla estructura: 1 Tecnologo en Construccion + 1 Oficial + 6 Ayudantes	h-H	1			\$ 460.000	\$ 460.000	
	DIRECTO	m3					\$ 1.120.000	

TABLA LXI. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO, ITEM 5.3

ITEM	5.3	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO					Vlr.
ZAPATA EN CONCRETO DE 2.3M X 2.3M DE RESISTENCIA 3500 PSI		UNIDAD	RENDIM	EQUIPO	MATERIAL	MANO DE OBRA	UNITARIO
	Herramienta menor	h	0,5	\$ 18.000			\$ 9.000
	Mezcladora para concreto	h	2	\$ 11.239			\$ 22.478
	Formaleta	h	3	\$ 28.470			\$ 85.410
	Barra de acero corrugado de 5/8"	kg	43,7		\$ 6.872		\$ 300.306
	Alambre negro no 18	kg	6,7		\$ 4.165		\$ 27.906
	Triturado de planta tamiz 3/4"	m3	0,76		\$ 35.000		\$ 26.600
	Arena	m3	0,6		\$ 55.000		\$ 33.000
	Cemento bto de 50kg	blt	7,8		\$ 30.500		\$ 237.900
	Agua	Lts	180		\$ 120		\$ 21.600
	Cuadrilla estructura: 1 Tecnologo en Construccion + 1 Oficial + 6 Ayudantes	h-H	1,73			\$ 460.000	\$ 795.800
	DIRECTO	m3					\$ 1.560.000