UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

FACULTAD DE INGENIERÍA CULIACÁN PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN



"ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DE UNA ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO FABRICADA CON ADICIONES MINERALES Y LOCALIZADA EN AMBIENTE MARINO"

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

PRESENTA:

ING. HECTOR PAUL AMADOR MANJARREZ

DIRECTOR:

DR. JESÚS MANUEL BERNAL CAMACHO

CODIRECTOR:

DR. VÍCTOR MANUEL MARTINEZ GARCÍA

CULIACÁN, SINALOA, ENERO DE 2021.

UAS- Dirección General de Bibliotecas

Repositorio Institucional

Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual, 4.0 Internacional.

AGRADECIMIENTOS.

A Dios por impulsarme a cumplir esta meta en mi vida, solo él sabe lo difícil que fue.

A mi hermosa esposa Angélica, por ser mi compañera de vida, estar siempre a mi lado apoyándome en cada momento, por darme el ánimo y las fuerzas necesarias para seguir adelante.

A mis padres José Héctor y Graciela, por darme su ejemplo y hacerme sentir orgulloso de ellos, además de siempre darme su apoyo en todos los aspectos.

A mi director de tesis, el Dr. Jesús Manuel Bernal Camacho, primero que nada, por aceptar guiarme en este proceso, por bríndame sus conocimientos y su valioso tiempo. Todo el apoyo es invaluable, mi mayor admiración para él y para cada uno de sus logros y su gran trayectoria.

A mis compañeros, el Dr. Víctor Martínez y Arq. Carlos Camero, por acompañarme en cada paso en esta etapa y hacer un excelente equipo de trabajo, gracias por estar ahí.

A mis compañeros de trabajo, Arq. Alicia Rochin e Ing. Samuel Monárrez, por hacer todo lo posible para apoyarme en esta fase de inicio a fin.

A mis profesores de posgrado, a la Maestra Alejandra Brambila, a mis compañeros de clases, a la Facultad de Ingeniería Culiacán y a la Universidad Autónoma de Sinaloa, por darme todos los medios y recursos para llevar a buen término este proyecto de mi vida.



DEDICATORIA.

Para Angélica.

RESUMEN.

El presente documento muestra un procedimiento diseñado estratégicamente para realizar el análisis de sostenibilidad de un muro de contención localizado sobre la línea de costa de la ciudad de Mazatlán, Sinaloa. El material empleado corresponde a concreto armado elaborado con diferentes adiciones minerales como sustitutos parciales del cemento. Los requerimientos evaluados consideran aspectos: económicos, ambientales y sociales, el procedimiento definido para la evaluación consiste en una metodología sobre toma de decisiones, llamado Modelo Integrado de Valor para Evaluaciones Sostenibles (MIVES). Finalmente se evaluarán los tres requerimientos que se definen anteriormente con un árbol de toma de decisiones, soportado con un análisis multicriterio que nos dará como resultado un nivel de sostenibilidad de la estructura para cada alternativa propuesta.

PALABRAS CLAVE.

Sostenibilidad, Concreto, Microsílice, Ceniza Volante, Ceniza volcánica, MIVES y Ambiente Marino.

ABSTRACT.

This document shows a strategically designed procedure to carry out the sustainability analysis of a retaining wall located on the coastline of the city of Mazatlán, Sinaloa. The material used corresponds to reinforced concrete made with different mineral additions as partial substitutes for cement. The evaluated requirements consider aspects: economic, environmental and social, the procedure defined for the evaluation consists of a decision-making methodology, called the Integrated Value Model for Sustainable Evaluations (MIVES). Finally, the three requirements that are defined above will be evaluated with a decision-making tree, supported by a multi-criteria analysis that will result in a level of sustainability of the structure for each proposed alternative.

KEYWORDS.

Sustainability, Concrete, Microsilica, Fly Ash, Volcanic Ash, MIVES and Marine Environment.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PRESENTACIÓN	1
1.2. MISIÓN	3
1.3. VISIÓN	3
1.4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA SELECCIONADO	3
1.4.1. CAUSAS	4
1.4.2. CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	5
II. FUNDAMENTO TEÓRICO.	7
2.1. MARCO HISTÓRICO Y CONTEXTUAL	7
2.1.1. SOSTENIBILIDAD.	7
2.1.2. METODO MIVES	8
2.1.3. EL CEMENTO Y EL CONCRETO	9
2.1.4. ADICIONES MINERALES.	11
2.1.4.1. MICROSÍLICE	11
2.1.4.2. CENIZA VOLANTE	12
2.1.4.3. CENIZA VOLCÁNICA	13
2.2. ESTADO DEL ARTE.	14
2.3. MARCO TEÓRICO	17
2.3.1. SOSTENIBILIDAD.	17
2.3.2. METODO MIVES	19
2.3.2.1. LÍMITES DEL SISTEMA	21
2.3.2.2. ÁRBOL DE TOMA DE DECISIÓN	21
2.3.2.3. FUNCIÓN VALOR	24
2.3.2.4. ASIGNACIÓN DE PESOS	27
2.3.2.5. ÍNDICE DE VALOR DE LAS ALTERNATIVAS	28
2.3.3. EL CONCRETO	29
2.3.3.1. MATERIALES PARA SU FABRICACIÓN	30
2.3.3.1.1. CEMENTO.	30
2.3.3.1.2. AGREGADOS	31
2.3.3.1.3. AGUA	32

2.3.3.1.4. ADITIVOS	32
2.3.3.2. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO	33
2.3.3.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO.	35
2.3.3.1. TRABAJABILIDAD.	35
2.3.3.2. COHESIVIDAD	35
2.3.3.3. RESISTENCIA.	35
2.3.3.4. DURABILIDAD.	36
2.3.4. ADICIONES MINERALES.	36
2.3.4.1. MICROSÍLICE	36
2.3.4.2. CENIZA VOLANTE	
2.3.4.3. CENIZA VOLCÁNICA	37
2.3.5. EL CONCRETO EN AMBIENTE MARINO.	37
2.3.6. MURO DE CONTENCIÓN	39
2.4. MARCO LEGAL	40
III. PROYECTO DE INTERVENCIÓN	42
3.1. OBJETIVO GENERAL.	42
3.2. OBJETIVOS PARTICULARES.	42
3.3. JUSTIFICACIÓN	43
3.4. METODOLOGÍA	44
3.4.1. MEZCLAS DE CONCRETO CON ADICIONES MINERALES	44
3.4.1.1. MATERIALES NECESARIOS PARA ELABORAR UN CONCRETO	44
3.4.1.2. DISEÑO Y DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO CONVENCIONAL Y CON ADICIONES MINERALES	
3.4.1.3. MUESTREO DE MEZCLAS PARA ENSAYOS.	48
3.4.1.4. DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS	49
3.4.1.5. DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DURABLES	50
3.4.2. MODELO INTEGRADO DE ANÁLISIS DE VALOR	52
3.4.2.1. LÍMITES DEL SISTEMA EN MIVES	52
3.4.2.2. ÁRBOL DE TOMA DE DECISIÓN	53
3.4.2.3. FUNCIÓN VALOR	
3.4.2.4. ASGINACIÓN DE PESOS.	

3.4.3. UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA CONSTRUCCIÓN	58
3.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	60
3.5.1. PROPIEDADES MECÁNICAS Y DURABLES	61
3.5.2. DESARROLLO DE INDICADORES	63
3.5.2.1. COSTO DIRECTO.	63
3.5.2.2. COSTO POR MANTENIMIENTO	65
3.5.2.3. DIFICULTAD PARA OBTENER MATERIALES.	66
3.5.2.4. TIEMPO EN OBRA	67
3.5.2.5. TIEMPO PARA OBTENER MATERIALES.	69
3.2.2.6. ADICIONES MINERALES.	70
3.5.2.7. CEMENTO	71
3.5.2.8. CANTIDAD DE CO ₂ .	72
3.5.2.9. ENERGÍA CONSUMIDA.	73
3.5.2.10. RESISTIVIDAD ELÉCTRICA	75
3.5.2.11. MIGRACIÓN DE CLORUROS.	76
3.5.2.12. APARIENCIA.	77
3.5.2.13. VIDA ÚTIL	78
3.5.3. NIVEL DE SOSTENIBILIDAD DE LAS ALTERNATIVAS.	79
4.1 PLAN DE ACCIÓN	83
4.2 ESTRATEGIAS USADAS PARA PRESENTAR Y PERSUADIR A LOS INVOLUCRADOS EN EL PROYECTO.	84
V. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO.	85
5.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	85
5.2 RECURSOS	86
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
6.1. CONCLUSIONES.	87
6.2. RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS DOCUMENTALES Y BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARÍA	90
ANEXOS	92
Anexo 1. Análisis y diseño estructural	92
Anexo 2. Plano de proyecto estructural	102



Anexo 3. Presupuesto de muro de contención con concreto convencional	103
Anexo 4. TPU de los cuatro tipos de mezclas	108
Anexo 5. Manual de implementación MIVES en la construcción	112
Anexo 6. Programa de obra para muro de contención	123

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. Objetivos de desarrollo sostenibles de la Agenda 2030. ONU	4
Figura 2. Planta cementera en México.	
Figura 3. Relación entre los ejes fundamentales de la sostenibilidad	7
Figura 4. Primer edificio construido en México de concreto armado, "La Ferretería y	
Mercería El Candado" en Mérida. El mundo Ilustrado	10
Figura 5. Presa Peñitas, ubicada en el cauce del Rio Grijalva en el estado de Chiapas	13
Figura 6. Volcán de Fuego de Colima, estratovolcán activo ubicado en los límites de lo	S
estados de Jalisco y Colima.	13
Figura 7. Informe de Brundtland de 1987, "Our Common Future", ONU	18
Figura 8. Algoritmo grafico de la metodología establecida en MIVES	19
Figura 9. Árbol de toma de decisión genérico de MIVES, Manual MIVES 2009	22
Figura 10. Tipos de grafico que puede adoptar la función valor dependiendo de los	
parámetros seleccionados. Cóncava, Convexa, Lineal y Forma "S". Alarcón et al, 2011	26
Figura 11. Escala de importancia en MIVES de la matriz de decisión de Saaty	27
Figura 12. Matriz de decisión en MIVES de Saaty	28
Figura 13. Diferentes tipos de adiciones minerales para uso en concreto hidráulico	36
Figura 14. Clasificación de zonas en ambiente marino contra el riego de corrosión	38
Figura 15. Sección y arreglo esquemático de muro de contención.	40
Figura 16. Diferentes adiciones minerales utilizadas en la fabricación de mezclas de	
concreto.	45
Figura 17. Moldes de 10 x 20 cm., para recibir muestras de concreto	48
Figura 18. Preparación de los especímenes mediante cabeceo en azufre para ensayar	
compresión simple	49
Figura 19. Ensayo de probeta para evaluar resistencia a la compresión	49
Figura 20. Ensayo de probeta para evaluar resistencia eléctrica.	50
Figura 21. Ensayo de probeta para evaluar migración de cloruros	51
Figura 22. Requerimientos en los límites del sistema en el programa MIVES	52
Figura 23. Árbol de componentes en los límites del sistema en el programa MIVES	53
Figura 24. Etapas del ciclo de vida en los límites del sistema en el programa MIVES	53
Figura 25. Árbol de requerimiento de tres niveles en el programa MIVES	54
Figura 26. Escala de importancia de Saaty para modelo MIVES.	57
Figura 27. Localización geográfica del muro de contención elaborado frente al Océano	
Pacifico en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa	59
Figura 28. Grafica de valores del indicador "Costo directo" para las cuatro alternativas	de
MIVES	64
Figura 29. Grafica de valores del indicador "Costo por mantenimiento" para las cuatro	
alternativas de MIVES	66

Figura 30. Grafica de valores del indicador "Dificultad para obtener materiales" para las	
cuatro alternativas de MIVES	67
Figura 31. Grafica de valores del indicador "Tiempo en obra" para las cuatro alternativas	de
MIVES	69
Figura 32. Grafica de valores del indicador "Tiempo para obtener materiales " para las	
cuatro alternativas de MIVES	70
Figura 33. Grafica de valores del indicador "Adiciones minerales" para las cuatro	
alternativas de MIVES	71
Figura 34. Grafica de valores del indicador "Cemento" para las cuatro alternativas de	
MIVES	72
Figura 35. Grafica de valores del indicador "Cantidad de CO2" para las cuatro alternativas	S
de MIVES	73
Figura 36. Grafica de valores del indicador "Energía consumida" para las cuatro	
alternativas de MIVES	74
Figura 37. Grafica de valores del indicador "Resistividad eléctrica" para las cuatro	
alternativas de MIVES	75
Figura 38. Grafica de valores del indicador "Migración de cloruros" para las cuatro	
alternativas de MIVES	76
Figura 39. Grafica de valores del indicador "Apariencia" para las cuatro alternativas de	
MIVES	77
Figura 40. Grafica de valores del indicador "Vida útil" para las cuatro alternativas de	
MIVES	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de la función valor para cada tipo de forma	25
Tabla 2. Componentes químicos del cemento y la fuente de obtención	
Tabla 3. Diseño de mezcla de control por el procedimiento del ACI.	47
Tabla 4. Dosificación preliminar para adiciones minerales y mezcla de control	
Tabla 5. Parámetros de los indicadores de la función valor para MIVES	
Tabla 6. Árbol de decisión con ponderaciones para metodología MIVES	58
Tabla 7. Datos relevantes del Estado de Sinaloa.	
Tabla 8. Resultado de mezclas con adiciones minerales y mezcla de control, obteniendo	
propiedades mecánicas.	61
Tabla 9. Resultado de mezclas con adiciones minerales y mezcla de control, obteniendo	
propiedades durables.	
Tabla 10. Valores del indicador "Costo directo" para las cuatro alternativas de MIVES	64
Tabla 11. Valores del indicador "Costo por mantenimiento" para las cuatro alternativas o	
MIVES	
Tabla 12. Valores del indicador "Dificultad para obtener materiales" para las cuatro	
alternativas de MIVES	67
Tabla 13. Valores del indicador "Tiempo en obra" para las cuatro alternativas de MIVES	. 68
Tabla 14. Valores del indicador "Tiempo para obtener materiales" para las cuatro	
alternativas de MIVES	70
Tabla 15. Valores del indicador "Adiciones minerales" para las cuatro alternativas de	
MIVES	71
Tabla 16. Valores del indicador "Cemento" para las cuatro alternativas de MIVES	72
Tabla 17. Valores del indicador "Cantidad de CO2" para las cuatro alternativas de MIVE	S.
	73
Tabla 18. Valores del indicador "Energía consumida" para las cuatro alternativas de	
MIVES	74
Tabla 19. Valores del indicador "Resistividad eléctrica" para las cuatro alternativas de	
MIVES	75
Tabla 20. Valores del indicador "Migración de cloruros" para las cuatro alternativas de	
MIVES	76
Tabla 21. Valores del indicador "Apariencia" para las cuatro alternativas de MIVES	77
Tabla 22. Valores del indicador "Vida útil" para las cuatro alternativas de MIVES	78
Tabla 23. Nivel de sostenibilidad alternativa 1, concreto convencional	81
Tabla 24. Nivel de sostenibilidad alternativa 2, concreto con microsilice	81
Tabla 25. Nivel de sostenibilidad alternativa 3, concreto con ceniza volante	82
Tabla 26. Nivel de sostenibilidad alternativa 4, concreto con ceniza volcánica	82
Tabla 27. Cronograma de actividad para plan de acción	85
Tabla 28. Presupuesto para actividades de plan de acción	86

I. INTRODUCCIÓN.

1.1 PRESENTACIÓN.

El presente documento implementa una herramienta de gran valor para tomar decisiones en la industria de la construcción, dicha herramienta se empleó para establecer el nivel de sostenibilidad de cuatro alternativas empleadas para la construcción de un muro de contención situado en un ambiente marino. La única variable entre los procedimientos de construcción fue la modificación de la dosificación del concreto mediante el uso de adiciones minerales. Para todas las dosificaciones la resistencia a la compresión del concreto fue de 250 kg/cm².

La metodología utilizada atiende a un modelo de toma de decisión que puede ser aplicado en todas las áreas, hablando en términos de sostenibilidad, a través de su uso se pretende aportar en algunos factores como:

- Reducir la utilización de cemento en mezclas de concreto.
- Reutilizar subproductos de la industria.
- Brindar mayor durabilidad a las estructuras de concreto.
- Compartir dosificaciones y resultados con la finalidad de tener más opciones para el constructor a la hora de fabricar mezclas de concreto.
- Difundir una herramienta útil para tomar decisiones donde se involucre la sostenibilidad.
- Implementar el uso del método MIVES en la región para la industria de la construcción.

Como resultado final se obtendrá un nivel de sostenibilidad para cada una de las cuatro alternativas, por lo que podrá tomar la mejor decisión siguiendo los requerimientos establecidos en lo económico, ambiental y social, tomando en cuenta los indicadores más significativos y con una ponderación bien definida y justificada.

-Diseño y dosificación de las mezclas de concreto.

Como primer objetivo se estableció diseñar una dosificación que cumpliera con las demandas de proyecto en resistencia a la compresión de los cuatro tipos de mezclas que se seleccionaron, mezclas de referencia, con microsílice, con ceniza volante y con ceniza volcánica. Lo anterior se llevó a cabo siguiendo lo establecido por el ACI (American Concrete Institute), más adelante se explicará a detalle. Usando cemento Portland compuesto, por ser el que se encuentra con mayor facilidad en la región.

-Ensayos al concreto endurecido.

Una vez que se establecieron las dosificaciones, se realizaron las mezclas y se tomaron especímenes cilíndricos, mismos que pasaron por un proceso de curado. Se realizaron pruebas destructivas a la compresión a los 7, 14 y 28 días, los resultados se explican más adelante. Además, se realizaron pruebas de durabilidad a las probetas de concreto.

-Ubicación y tipo de obra a estudiar.

Con la finalidad de llevar a cabo la investigación lo más apegado a la práctica, los resultados se usaron para analizar una estructura real que comúnmente se construye en las ciudades, un muro de contención a base de concreto reforzado, que además está en un ambiente marino para agudizar la problemática sobre durabilidad y vida útil, situado en la línea de costa de la ciudad de Mazatlán, Sinaloa.

-MIVES.

El objetivo principal de esta investigación es conocer el nivel de sostenibilidad de una estructura real elaborada con concreto reforzado, fabricado con diferentes materiales conglomerantes, con la ayuda de indicadores con valores cuantitativos y usando una herramienta para la toma de decisiones se logrará lo anterior, MIVES significa por sus siglas, Modelo Integral de Valor para una Evaluación Sostenible, y es muy usado en países como España para diferentes problemáticas, esta investigación abordara el sector de la construcción evaluando factores económicos, ambientales y sociales.

1.2. MISIÓN.

Aportar al sector de la construcción dentro de la administración de proyectos una herramienta útil que de respaldo y justifique la toma de decisiones en lo económico, ambiental y social. Contribuir en la difusión de concretos con adiciones minerales como uso común dentro de la construcción con la finalidad de aportar propiedades mecánicas y durables a las estructuras de concreto y al mismo tiempo beneficiando al medio ambiente.

1.3. VISIÓN.

Difundir la metodología MIVES en todos aquellos administradores de proyectos de la construcción a nivel nacional y contribuir al uso de adiciones minerales en las empresas que se dedican a la fabricación de concreto a gran escala.

1.4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA SELECCIONADO.

A nivel mundial, los países y las organizaciones internacionales han hecho esfuerzos de manera conjunta para combatir los efectos negativos del hombre en el medio ambiente. Derivado de lo anterior, diversos encuentros internacionales se han generado a lo largo de los últimos años sobre el tema, desde la Conferencia de Estocolmo en el año de 1972, el Informe "Our Common Future" en la ONU en 1987 y más recientemente en la Agenda 2030 con los Objetivos de Desarrollo Sostenible llevada a cabo en el año 2015. Las principales temáticas abordadas giran a la explotación de los recursos naturales no renovables, la destrucción del medio ambiente y los gases de efecto invernadero.

La Agenda 2030, fue aprobada por la Asamblea General de la Naciones Unidas, incluidos los 193 Estados Miembros, entre los que se encuentra México, dicho documento gira alrededor de la sostenibilidad y de los tres principales ejes de crecimiento: ambiental, económico y social. A lo largo de sus 17 objetivos pretende alcanzar resultados tangibles en un lapso de 15 años.



Figura 1. Objetivos de desarrollo sostenibles de la Agenda 2030. ONU.

Los países involucrados están comprometidos a dirigir sus gobiernos hacia un mismo camino, ofreciendo soluciones alternativas que sean amigables con el ambiente y que no comprometan el crecimiento económico y el de la sociedad. Para el caso de nuestro país, también está regulado por lo escrito en los "Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático" para el periodo 2020-2030 y publicado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático en el año 2015.

1.4.1. CAUSAS.

El cemento Portland, como bien lo sabemos es un material sumamente importante en la construcción, es usado muy frecuentemente y está presente en la gran mayoría de las edificaciones a lo largo de todos los países, mayormente en aquellos que se encuentran en desarrollo. En el año 2017 la producción mundial de cemento llego a más de 4,000 millones de toneladas métricas. Considerando lo anterior, surge la importancia de desarrollar investigación para mejorar los cementantes usados para la obtención de un concreto que cumpla con las especificaciones y propiedades mecánicas y durables que el diseño demande, que sea amigable con el medio ambiente y que además estén controlados los costos para hacerlo competente dentro del mercado.

Existen materiales como la microsílice (SF), ceniza volante (FA) y ceniza volcánica (VA) que se han investigado y que cumplen con lo solicitado para ser usado parcialmente como un cementante, de aquí nace la propuesta de las alternativas de la investigación. Se considera importante seguir investigando estos productos y cotejarlo con la durabilidad con la que se diseñara para asegurar el correcto funcionamiento de las estructuras en el transcurso de su vida útil.

Aunado a lo anterior, este proyecto impacta en el sector construcción, un área que tiene un sinfín de alternativas tanto en la elección de materiales como en la selección de procesos constructivos, por lo que el personal a cargo tendrá que tomar las mejores decisiones tanto en la elección del lugar para construirlo como el tipo de obra. Esto hace que siempre sea necesario contar con metodologías para tomar decisiones.

1.4.2. CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA.

En la actualidad la industria del cemento se ha convertido en una de las más contaminantes, ya que aporta aproximadamente 8% de dióxido de carbono (CO₂) a nivel mundial, también se considera un importante generador de residuos industriales, esto afecta directamente a las personas y al medio ambiente, por lo que se ha desarrollado mucha investigación para tratar de reducir la contaminación y los gases de efecto invernadero. Lo anterior maximiza la problemática social, policita, económica y ambiental derivado del calentamiento global.

Las alternativas que se plantean en esta investigación para seguir usando de manera normal el concreto, es reducir la cantidad de cemento usada para su fabricación sustituyéndolo con cementantes minerales que a su vez son subproductos de la industria, cuidando que se cumplan los requerimientos de diseño y construcción, que estén dentro de la normatividad, que tenga un bien común para la población y que no se comprometa el criterio económico.

Los países y gobiernos invierten en infraestructura una fuerte cantidad de dinero siempre pensando en el patrimonio y en la prosperidad, de igual forma lo hace el sector privado. Es por eso por lo que al hablar de construcción es hablar de fuertes cantidades de dinero, el administrar este recurso nos lleva a tener grandes pérdidas al tomar una mala decisión, tanto

en la calidad de los materiales, ubicación geográfica de la obra, procesos constructivos, tipo de mano de obra, entre otras.



Figura 2. Planta cementera en México.

II. FUNDAMENTO TEÓRICO.

2.1. MARCO HISTÓRICO Y CONTEXTUAL.

2.1.1. SOSTENIBILIDAD.

Los problemas y riesgos en los que se ha visto envuelta la humanidad han sido debido a los excesos en la explotación de recursos y a la contaminación del planeta, esta preocupación ha sido expuesta a lo largo de los años entre los países y organizaciones mundiales, y es un tema que no va a resolverse a corto plazo. Se identifica como responsable del cambio climático a la producción de CO₂.

El concepto de desarrollo sostenible fue definido en 1987 en el denominado "Informe de Brundtland", aunque desde el año de 1970 ya se venía usando en temas relacionado con la ONU y el Club de Roma.

El desarrollo sostenible se basa en tres factores fundamentales que deben de tener la capacidad para coexistir sin poner en riego a la humanidad y al planeta. Estos factores son el económico, ambiental y social. Cada gobierno tiene como principal responsabilidad llevar por buen camino lo anterior para alcanzar los objetivos y metas deseadas a nivel global, mediante política pública, programas y proyectos.



Figura 3. Relación entre los ejes fundamentales de la sostenibilidad.

Según la información publicada por United States Geological Survey (USGS). Para el año 2000 la producción de cemento a nivel mundial había alcanzado aproximadamente 1,700 millones de toneladas métricas, tres veces más que lo producido para el año de 1970, cifra que se duplicaría para el año 2010, lo anterior demuestra el uso desmedido que se tuvo para este producto durante el crecimiento industrial y el desarrollo de los países.

Nuestro país ha sido participe de la gestión ambiental en sus más recientes gobiernos, tan es así que a partir del año 1970 se han creado diversas entidades federales que trabajan a la par de la sostenibilidad, a continuación, se enlistan las dependencias junto a la fecha de creación.

- Subsecretaría de Mejoramiento del Medio Ambiente, 1972.
- Dirección General de Ecología Urbana, 1976.
- Subsecretaría de Ecología, 1983.
- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), 1992.
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), 1992.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMANRNAT), 2000.

Más recientemente y con la finalidad de lograr los objetivos planteados en la Agenda 2030, se han realizado diferentes acciones en el gobierno a nivel federal: La instalación del Comité Técnico Especializado en Desarrollo Sostenible; y la formación del Grupo de Trabajo sobre la Agenda 2030.

2.1.2. METODO MIVES.

El origen del método MIVES data de los años 70's en España, primeramente, se aplicó a proyectos pequeños y medianos en empresas. Como antecedente, se tiene que fue en el año de 1989 cuando se creó la Asociación Española de Análisis de Valor, ANAVA y posteriormente se crea la Federación Española de Gestión del Valor (EGEVA), (Villegas, 2009), la cual busca impulsar en el país mencionado el uso de esta herramienta para la toma de decisiones a nivel empresarial en distintos sectores.

MIVES se clasifica según la metodología que usa para la toma de decisión multicriterio, se engloba dentro de la teoría de utilidad multiatributo, la cual proporciona una base formal para describir o prescribir elecciones entre alternativas cuyas consecuencias están caracterizadas por múltiples atributos relevantes para la decisión, durante la década de los 70's se empezaron a publicar documentos sobre esta teoría.

El grupo MIVES se formó en el año 2002 por diferentes universidades de España entre las que destacan la Universidad Politécnica de Cataluña (Villegas,2009), dicho modelo es capaz de usarse en la toma de decisión de todo tipo, incluida la sostenibilidad.

En México no se tiene antecedente de la utilización de esta metodología para la selección de materiales de construcción para estructuras de concreto armado en un ambiente marino.

2.1.3. EL CEMENTO Y EL CONCRETO.

La palabra cemento se remonta a la antigua Grecia, en los años 500 A.C, donde se hacían mezclas de caliza, arena, triturados y agua para elaborar el primer concreto de la historia. De la misma manera, los antiguos romanos, usaron puzolanas con tierra y ceniza volcánica rica en sílice y alúmina, qué al combinarlos con cal dieron lugar al cemento puzolánico que aporto para la construcción de diversas obras.

En Roma se construyeron el Coliseo Romano y el Panteón de Roma usando concreto en su cimentación y en su estructura, estos hechos ocurrieron en los años 82 y 127 D.C.

Ya en la era moderna en el año de 1824, se originó la patente del cemento Portland por el inventor ingles Joseph Aspdin y James Parker, llamado así por el tono parecido a las rocas de una isla con el mismo nombre. Además, en 1825 se obtuvo el prototipo del cemento Portland moderno, que sigue siendo usado a la fecha en todas las construcciones a nivel mundial.

Por otro lado, refiriéndonos al concreto armado, este se puede atribuir al constructor William Wilkinson, que en el año de 1854 solicitó la patente sobre un sistema que incluía armaduras de hierro para la mejora de la construcción en viviendas, almacenes y otros edificios resistentes al fuego.

En México, este material llego en el año de 1901, pero se aplicó años después, de una manera sistemática gracias al ingeniero Miguel Rebolledo para aplicarse en una ferretería de nombre El Candado, edificio localizado en la ciudad de Mérida en el estado de Yucatán. Pero fue hasta la década de los 50's cuando tuvo su mayor auge y detono la construcción de muchas edificaciones que en la actualidad aún prestan servicio a la sociedad, de manera que su uso seguiría creciendo exponencialmente y a la par con el desarrollo sobre la infraestructura de nuestro país.



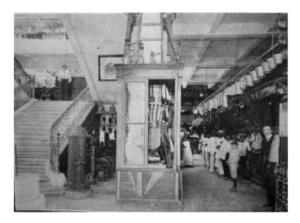


Figura 4. Primer edificio construido en México de concreto armado, "La Ferretería y Mercería El Candado" en Mérida. El mundo Ilustrado.

En el año de 1909 Thomas Alba Edisson patentó los hornos rotatorios de calcinación que junto al molino tubular lograrían en aquella época que la producción se diera en cantidades comerciales e industriales, proceso que hasta el día de hoy sigue siendo utilizado en la fabricación del cemento.

Eventualmente con la industrialización del cemento y que ya era posible elaborarlo en grandes cantidades, a lo largo del mundo diversos constructores empezaron a proyectar estructuras cada vez de mayor magnitud entre las que se pueden mencionar: algunos puentes en Suiza, edificios en Estados Unidos y hangares en Francia.

Por otra parte, al hablar del cemento en una situación más reciente se tiene que en el siglo XXI existe una cultura medioambiental cada vez más popular entre la sociedad y apoyada por la legislación de los países. Tomando en cuenta la reutilización de algunos productos

MIC

propios de otras industrias para ser usados como sustitutos de manera parcial y así reducir gradualmente el consumo global de cemento.

2.1.4. ADICIONES MINERALES.

Las adiciones minerales en el concreto tienen su inicio en los años de los 50's, aunque se empezó a utilizar con mayor frecuencia en los años de los 70's, siendo para esa época aún limitado su uso, en los últimos años la investigación en torno a estas opciones ha seguido creciendo a favor del medio ambiente.

Su uso en la industria del concreto ha sido con el objetivo de maximizar las propiedades mecánicas y durables de las construcciones y así ofrecer mejores prestaciones de servicios a la infraestructura que desarrolla el sector de la construcción.

Se han implementado diferentes materiales con el paso del tiempo, siendo las más efectivas y conocidas la microsílice, ceniza volante y ceniza volcánica. Dentro de este contexto, se fundamenta el desarrollo de los siguientes capítulos el uso de los materiales cementantes suplementarios.

2.1.4.1. MICROSÍLICE.

La microsílice es un desecho de la industria del ferro silicio, en el año 1970 empezó a causar problemas sobre contaminación y fue cuando empezaron a regular y aplicar leyes, lo anterior fue el detonante para que se le diera un segundo uso como adición mineral en mezclas de concreto y fomentar la investigación sobre esa problemática y las posibles soluciones que se podían aportar.

Grandes industrias de Estados Unidos y Europa crearon leyes para la regularización de este fuerte contaminante, procesos de filtración favorecieron aportarle calidad al desecho, lo que hizo que se realizaran investigaciones sobre los usos que se le podía dar y maximizar sus ventajas en la industria del cemento.

Se tiene registro que la primera muestra de microsílice que se tomo fue en Noruega en el año de 1947, los próximos años se estarían publicando muchas investigaciones, mayormente en

MIC

países como Islandia, Dinamarca y Suecia, incluso creando leyes que permitieron por un estándar de Noruega el uso de esta adición en el concreto.

En la década de los 80's América del Norte empezó a indagar sobre investigación con este material, la primara publicación data de 1981 por Burk y Burkes del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos.

2.1.4.2. CENIZA VOLANTE.

La ceniza volante es un subproducto de los hornos que emplean carbón mineral como combustible, para producir energía eléctrica, su primera aparición como adición mineral fue en el año de 1930, sin embargo, como uso industrial fue hasta el año de 1950, llegando a remplazar hasta un 35% del cemento utilizado.

En la década de 1920 se incrementó de manera importante la quema de carbón mineral a nivel mundial con el objetivo de obtener energía, desde ese momento se generaron millones de toneladas de ceniza, un gran porcentaje de ceniza volante.

La utilización de este desecho ronda en pequeños porcentajes dependiendo de la zona que se estudie, pero van del 3 al 57%, y se establece un promedio del 16% a nivel global en todo tipo de industrias (Joshi, 1997).

En México, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) empleó por primera vez el carbón mineral en la Planta Termoeléctrica de Nava, en el estado de Coahuila, funciono de manera experimental de 1964 a 1977, hasta que, en 1978, la CFE empezó con la construcción en la misma región de una nueva central carboeléctrica.

La CEF promovió la elaboración de un cemento Portland-puzolana elaborado mediante la molienda del Clinker Portland y ceniza volante. Este cemento cumplió con los requerimientos físicos y químicos, por lo que fue usado para la construcción de la Planta Hidroeléctrica de Peñitas en el estado de Chiapas.



Figura 5. Presa Peñitas, ubicada en el cauce del Rio Grijalva en el estado de Chiapas.

2.1.4.3. CENIZA VOLCÁNICA.

En México existen 12 volcanes considerados activos distribuidos en la zona centro-sur del país. Siendo el Volcán de Colima (última erupción en el 2017) y el Popocatépetl (última erupción en el 2016) los más activos ya que se monitorean las 24 horas del día. La ceniza volcánica ocasiona un problema para la población que habita cerca de estos sistemas montañosos, aunque se han encontrado algunos usos para utilización del desecho, aún no se comercializa de manera industrial. En las zonas cercanas al Volcán de Colima se utiliza en la agricultura para mejorar las propiedades del suelo.



Figura 6. Volcán de Fuego de Colima, estratovolcán activo ubicado en los límites de los estados de Jalisco y Colima.

2.2. ESTADO DEL ARTE.

Durante las últimas décadas la incorporación de nuevos productos en las mezclas de concreto ha propiciado una mejora sustantiva en las prestaciones de las mezclas de concreto en estado endurecido. Entre los materiales que destacan se encuentran las adiciones minerales, las cuales suman propiedades a nivel microestructura que mejoran sus características de resistencia y durabilidad. Dichas adiciones minerales pueden tener diferentes orígenes, algunas resultan de la actividad industrial de un producto primario, otras son de origen natural y las de última generación que muestran tamaños nanométricos las cuales deben ser sintetizadas en laboratorio. De las adiciones minerales más conocidas y empleadas en el ámbito industrial y científico, se identifican la ceniza volante, ceniza volcánica, escoria de alto horno, microsílice y nanosílice.

La presente investigación busca sumar con los Objetivos de Desarrollo Sostenible publicadas en la cumbre sobre el desarrollo sostenible donde los Estados Miembros de la ONU aprobaron la agenda 2030, con el objetivo número 9 "Desarrollar infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación" y el punto 13 "Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos".

La situación en México con respecto a las emisiones de CO₂ es la siguiente según datos e indicadores publicados por el Grupo Banco Mundial. En el año 2014 nuestro país produjo 3.99 toneladas métricas por personas.

De acuerdo con investigaciones realizadas la adición de humo de sílice o microsílice, al combinarse con nanosílice (nSi) lograron mezclan con mayor grado de compacidad y por lo tanto una mayor durabilidad (Massana et al, 2018).

Los autores escriben sobre las virtudes que tiene la utilización de subproductos de la industria como por ejemplo que la microsílice mejora la trabajabilidad, la porosidad, la resistencia a la compresión, la resistencia a la tensión y la contracción (Siddique, 2011).

De igual forma en un artículo publicado en el año 2017 nos habla de concretos de alta resistencia con adición de microsílice donde porcentajes del 10 y el 15 lograron los mejores resultados a la resistencia a la compresión obteniendo hasta 74.88 MPa a los 28 días de

MIC

fabricación, contrario a la mezcla con adición del 30% que obtuvo 51.56 MPa, muy por debajo de la mezcla de control con 63.11 Mpa. Lo anterior con una relación agua material cementante de 0.30 (Omar Asad, 2017).

La ceniza volante al incorporarse a las mezclas muestra buenos resultados a la compresión a partir de 3 y 6 meses, pero no alcanza resistencias considerables de inicio, aunque si se expone a temperaturas altas muestra mejores resultados (Hefni et al, 2018).

De acuerdo con el autor, se revisó aspectos de durabilidad en concretos con sustitución parcial del 54 a 58% del total del cemento, los valores de resistencia a la compresión estuvieron en el orden de los 40 MPa, se hace énfasis en que, las reacciones álcali-agregado en el concreto pueden ser controladas usando ceniza volante, además disminuye el calor de hidratación y el contenido de cemento en las mezclas de concreto (Malhotra, 1990).

Según investigaciones sobre ceniza volante siendo utilizadas como remplazo del cemento en un porcentaje de 0, 10, 15, 17, 20, 25.5 y 34%. Se hicieron pruebas de resistencia mecánica, siendo el remplazo del 20% el que mejor comportamiento tuvo con relación a los demás, mostrando resultados de 70 MPa (Uysal y Akyuncu, 2012).

Para un artículo publicado en el año 2018 se realizaron trabajos en mezclas de concreto con adición de ceniza volante, se usó en sustitución del 10 al 40% con una relación agua / material cementante igual a 0.35, los resultados a la compresión muestran en todas las mezclas un aumento gradual a edades tardías. Los mejores resultados los tiene la mezcla con el 10% de cenia volante, aunque no son mejores a las de la mezcla de control. En propiedades durables, si se aprecia un mejor comportamiento cuando se le agrega adiciones minerales al concreto para la penetración del ion cloruro, y los resultados siguen mejorando con el paso del tiempo (Ashish Kumer, 2018).

Para la ceniza volcánica se han hecho aportes sobre la utilización para la fabricación de concreto, se dice que mantiene las mismas propiedades mecánicas (Contrafatto, 2017). También este subproducto se ha utilizado en conjunto con activadores como el silicato de sodio y el hidróxido de sodio, logrando un material ecológicamente sostenible al reducir su

potencial al calentamiento global y se mantienen sus propiedades mecánicas, permitiéndose ser usado como concreto tradicional (Robayo-Salazar et al, 2018).

La metodología MIVES se ha utilizado para analizar la sostenibilidad en carreteras de México, en una tesis en España, se realizó una comparativa entre alternativas. Una carretera elaborada con concreto asfaltico y otra de concreto hidráulico. Los resultados obtenidos de entre 12 indicadores, nos hablan de un mejor nivel de sostenibilidad del pavimento hidráulico con un índice de valor de 68% frente a un 50% de la otra alternativa. El autor concluye que MIVES es una herramienta muy útil para la toma de decisión de este tipo y la considera muy objetiva. Sobre los pavimentos concluye que el requerimiento económico en ambos casos resulta muy semejante, pero la opción hidráulica tiene mejores resultados en los ambiental y social (Javier Moreno,2018).

En otra investigación sobre toma de decisiones con la metodología MIVES esta una tesis doctoral donde comparan las alternativas de carreteras de la manera tradicional y otra con elementos prefabricados, valoraron 16 indicadores, de esto es importante rescatar que no se necesita tener una gran cantidad de indicadores, si no los que más discriminen a las alternativas. El autor también agrega un requerimiento adicional a los 3 ejes fundamentales de la sostenibilidad, el Funcional, esta opción también es válida para analizar diferentes arboles de toma de decisión, al final concluye que el uso de esta metodología le da un resultado satisfactorio, aunque menciona que los resultados no son absolutos debido a que muchos de los parámetros que él utilizo no son relativos (Noe Villegas, 2009).

En la misma tesis doctoral del párrafo anterior, se analizó la evaluación de departamentos universitarios, donde se busca medir de una u otra forma la eficiencia que tiene cada departamento y lo que contribuye a la universidad, desde el punto de vista de 19 indicadores distribuidos en 4 requerimientos como lo son: investigación, docencia, compromiso con el sistema, compromisos externos. Esto nuevamente nos expone la versatilidad de esta metodología para analizar diferentes problemáticas y en otros ámbitos. El autor concluye para este apartado, que esta herramienta puede aplicarse en diferentes sectores y da la pauta para ser utilizada en otros ámbitos (Noe Villegas, 2009).

En el año del 2016, un artículo español evalúa a la sostenibilidad de estructuras de concreto bajo la metodología MIVES, donde se tienen tres alternativas donde hacen variar el tipo de concreto y el proceso constructivo. El árbol de requerimientos tiene 10 indicadores y los tres requerimientos fundamentales del desarrollo sostenible. Se concluye que MIVES es muy flexible para evaluar la sostenibilidad en estructuras desde diferentes puntos de vista y en diferentes niveles y que es muy importante partir de indicadores clave que hagan variar los resultados entre cada alternativa (Antonio Aguado, 2016).

En otro artículo que se publicó en el año 2013 se analizan los indicadores a usar para analizar la sostenibilidad de concretos especiales, en dicho documento se explica de manera clara en que consiste la metodología MIVES, y define las alternativas como un concreto convencional y una concreto auto compactable, se definen 17 indicadores en el árbol de requerimientos y se concluye que la metodología brinda una nueva articulación para valorar el grado de sostenibilidad de nuevos materiales con características especiales, hasta este punto el autor no dio resultados de los indicadores por lo que no se puede definir cual alternativa fue la mejor. Pese a lo anterior se pueden concluir puntos muy interesantes, como la función valor y la ponderación de los pesos. Se hace énfasis en la importancia de obtener indicadores confiables que sean discriminantes antes las alternativas (Noe Villegas, 2013).

2.3. MARCO TEÓRICO.

2.3.1. SOSTENIBILIDAD.

Se entiende como sostenibilidad a la capacidad de satisfacer las necesidades de la actual generación sin sacrificar la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades, lo anterior desde el punto de vista de la prosperidad humana y según el informe Brundtland de 1987 publicado por la ONU.



Figura 7. Informe de Brundtland de 1987, "Our Common Future", ONU.

Bajo este concepto, el desarrollo sostenible está fundamentado en tres grandes pilares que trabajan de manera esencial para lograr el objetivo trazado. Factores como lo económico, ambiental y social. Que estarán presenten durante el ciclo de vida de cualquier proyecto analizado.

Hablando de la problemática ambiental donde se asume que la naturaleza y el medio ambiente no son una fuente inagotable de recursos, siendo necesario su protección y uso racional, aquí se incluyen aspectos como el uso de recursos, generación de residuos, energía consumida, CO₂ emitido, entre otros.

En el factor social, se tratará de promover el desarrollo social buscando la unión entre las comunidades de personas y culturas, para así poder alcanzar niveles de calidad de vida satisfactorios al igual que la salud y la educación. Es importante resaltar los aspectos que en este requerimiento dominan, como por ejemplo bienestar social, protección a las personas y a la salud, servicio ofrecido a la comunidad, apariencia, empleos generados, etcétera.

Para el pilar económica se trata de fomentar el crecimiento de la economía de los países para generar riqueza equitativa sin dañar al medio ambiente, por mencionar algunos indicadores como pueden ser: el costo del proyecto tanto inicial como de mantenimiento, tiempo invertido, recursos, entre otros.

Un indicador de sostenibilidad es un aspecto cualitativo que es posible darle un valor cuantitativo, este debe de ser capaz de brindar información sobre lo económico, ambiental y social. Estos indicadores sirven como una referencia nacional como internacional de los avances que se tienen en el tema del desarrollo sostenible.

2.3.2. METODO MIVES.

La metodología MIVES, acrónimo de "Modelo Integral de Valor para una Evaluación Sostenible" se define según su mismo manual como: una metodología de toma de decisión multicriterio que evalúa cada una de las alternativas que pueden resolver un problema genérico definido, a través de un índice de valor, como resultado final se logrará obtener el grado de sostenibilidad. Nos permitirá diferenciar entre las principales características de los objetos que se evaluaran para darle valores en igualdad de condiciones que sean capaz de medirse y que nos lleven a tomar una decisión objetiva entre las alternativas, respaldado por un argumento sólido. El algoritmo en el que se basa MIVES va desde que se define el problema hasta que se toma la mejor decisión.

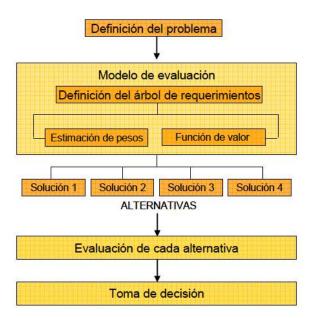


Figura 8. Algoritmo grafico de la metodología establecida en MIVES.

Según el manual MIVES esta metodología está definida en diversas fases que se muestran en orden cronológico a continuación:

- Delimitación de la decisión: se define quien toma la decisión, se fijan los límites del sistema y se establecen las condiciones de contorno.
- Introducción del árbol de toma de decisión: se ordenan de forma ramificada los aspectos que se tendrán que tomar en cuenta en la decisión.
- Creación de las funciones de valor: se crean unas funciones para poder obtener valoraciones de 0 a 1 de todos los aspectos pertenecientes a la última ramificación del árbol de toma de decisión.
- Asignación de pesos: se asigna la importancia relativa de cada uno de los aspectos con relación a los restantes pertenecientes a una misma ramificación del árbol de toma de decisión.
- Definición de las alternativas: se definen diversas alternativas factibles al problema de toma de decisión planteado. En algunos casos, las alternativas están prefijadas al inicio de la toma de decisión y por ello, no se debe realizar esta fase.
- Valoración de las alternativas: se obtiene el índice de valor para cada una de las alternativas planteadas.
- Realización del análisis de sensibilidad: se analiza el posible cambio del índice de valor de cada una de las alternativas en el caso de varíen los pesos o las funciones de valor definidas en las primeras fases. Esta fase es opcional dentro de la metodología MIVES.
- Contrastación de resultados: se comprueba, a largo plazo, si el modelo de valoración se sigue ajustando a lo que se quería valorar inicialmente y si los cálculos realizados en cada una de las alternativas es el esperado. Esta fase puede considerarse como una fase de control, del modelo y de las alternativas, y también es opcional dentro de la metodología MIVES.

2.3.2.1. LÍMITES DEL SISTEMA.

Dentro de la metodología MIVES es importante definir en un inicio los límites entre los que se acotara el sistema, la estructura general para la toma de decisiones está compuesta por tres ejes:

- 1. Requerimientos.
- 2. Componentes.
- 3. Ciclo de vida.

Los requerimientos son los aspectos del primer nivel de la jerarquización y tienen como objetivo: definir las necesidades o aspectos generales que se necesitan para poder llevar a cabo el análisis que permita seleccionar la mejor alternativa del proyecto.

Los componentes son todas las partes en el que se puede dividir el problema y dependiendo de la profundidad del estudio será el número de partes que se estudiaran. Por ejemplo, si se estudiara un edificio, se podía desglosar en cimentación, columnas, losas, acabados, etcétera.

Finalmente, el eje del ciclo de vida está conformado por las distintas etapas del ciclo de vida y se pueden descomponer en las diferentes fases del proceso del proyecto.

2.3.2.2. ÁRBOL DE TOMA DE DECISIÓN.

De acuerdo con el Manual MIVES, el árbol de requerimientos es una ordenación en forma ramificada de todos aquellos aspectos que serás estudiados. Dicho acomodo puede tener "n" número de niveles, según la magnitud y la profundidad del proyecto. Comúnmente se trabajan tres niveles: requerimientos, criterios e indicadores. Estos niveles serán tan amplios como la persona que requiere tomar la decisión considere pertinente. Sin embargo, es necesario valorar que, al tener más áreas para analizar, las más importantes, pudieran perder un peso significativo en la evaluación, lo que podría ocasionar, sesgar la decisión final.

Ante esta situación es recomendable identificar objetivamente y con claridad de prioridades, las áreas que serán evaluadas. Los requerimientos, que son los aspectos fundamentales para la toma de decisión, son el primer nivel del árbol. En este nivel, se pueden proponer, temas

económicos, funcionales, sociales, medioambientales, estéticos o de seguridad y confort, dependiendo el tipo de proyecto que se busque analizar.

El siguiente nivel del árbol es el de los criterios y subcriterios (en caso de aplicar). En este nivel, se busca dividir los requerimientos, además de considerar los términos generales o pautas a seguir.

El ultimo nivel está conformado por los indicadores, los cuales tienen la característica de ser independientes entre ellos. Además, estos indicadores son considerados como los más representativos para la evaluación, ya que en ellos se desglosan los puntos principales para tomar en cuenta durante las distintas fases del proyecto. Son aspectos más concretos que serán evaluados directamente.

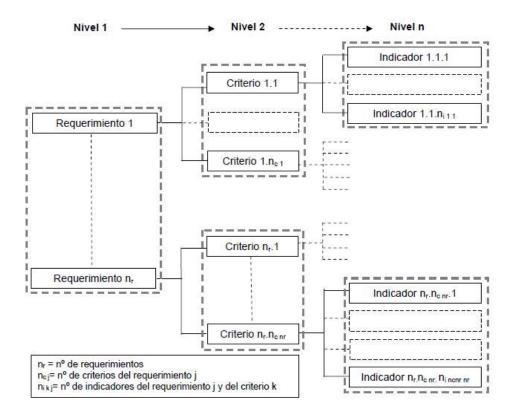


Figura 9. Árbol de toma de decisión genérico de MIVES, Manual MIVES 2009.

Dependiendo de la naturaleza propia del proyecto a evaluar será el grado de precisión y magnitud del árbol de requerimientos, aunque no se aconseja que dicho acomodo tenga más de tres o cuatro niveles y que el número de indicadores a evaluar sean más de veinte para no

afectar el resultado final con indicadores poco importantes que no aporten información contundente al modelo.

Una mala elección de los indicadores nos llevara a evaluar aspectos que no representan prioridad frente a las alternativas, de acuerdo con el manual MIVES los indicadores los deben de elegir personal técnico con conocimiento en el ámbito de estudio y cada indicador deberá cumplir con cada una de las siguientes características para asegurar que sean transcendentales entre las alternativas:

- Representativos. Los aspectos seleccionados deben ser representativos de la decisión que se quiere tomar.
- Discriminantes. En una toma de decisión, es muy importante fijarse en aquellos aspectos o características que hacen diferentes a las alternativas. Si se valoran indicadores cuya cuantificación es la misma en las diferentes alternativas, los valores de ese indicador serán los mismos y los resultados realmente importantes pueden llegar a diluirse, a parte del aumento de trabajo que representa.
- Complementarios. Los indicadores deben definirse para abordar de forma complementaria toda la información (Garrucho, 2006), por ello deberán medir variables independientes a las medidas por otros indicadores planteados.
- Relativos. Con el objetivo de no favorecer a aquellas unidades o elementos pertenecientes a grupos más grandes en valor absoluto. Siempre que exista la posibilidad de escoger entre varios indicadores que ocupan el mismo ámbito de la toma de decisión, deben escogerse aquellos que sean más fáciles de medir. Esta característica permite asegurar que las cuantificaciones de las diferentes alternativas sean fiables a la vez que exista una menor dificultad en obtener dichos valores.
- Precisos. El indicador debe contener el mínimo grado de incertidumbre y estar planteado de forma muy clara (Garrucho, 2006).
- Trazable. De esta manera se puede garantizar la comparación futura de los datos (Garrucho, 2009).

2.3.2.3. FUNCIÓN VALOR.

Se define como función matemática a la correspondencia o relación que guarda un conjunto de valores "A" con los elementos de un conjunto de valores "B", y cumple con la condición de existencia y con la condición de unicidad.

La función valor dentro del contexto MIVES tiene como objetivo principal el poder comparar variables de todo tipo y con unidades de medida diferentes. Por lo que se obtendrá como resultado el poder pasar de una cuantificación de una variable a una variable adimensional en el rango de 0 y 1. Así será posible comparar indicadores económicos con ambientales o sociales.

Expresada gráficamente en un sistema de ejes con coordenadas cartesianas, se tiene que el eje "Y" corresponde al valor de satisfacción que tenga un indicador y a su vez el eje "X" es el valor o la cantidad con la unidad original de cada indicador. El valor de satisfacción se mantendrá para cada indicador de 0 a 1 (0 satisfacción nula y 1 satisfacción máxima), por otro lado, los valores en "X" siempre será diferente para cada indicador ya sea porque se tiene un valor concreto o una puntuación.

La función valor, matemáticamente, esta expresada por una ecuación genérica que es definida mediante cinco parámetros, según el Manual MIVES 2009, al variarlos se obtendrán diferentes tipos de formas: forma de S, cóncavas, convexas o lineales. Los parámetros que definen la forma de la función son: K_i , C_i , $X_{máx}$, $X_{mín}$ y P_i , para obtener el valor de B, en la Ecuación 1 y 2 se muestran el acomodo matemático, extraído del Manual MIVES 2009.

$$V_{ind} = B \cdot \left[1 - e^{-K_i \cdot \left(\frac{|X - X_{min}|}{C_i} \right)^{P_i}} \right] \text{ Ecuación 1.}$$

Donde: X_{min} es el valor en abscisas, cuya valoración es igual a cero (en el caso de funciones de valor crecientes).

X es la abscisa del indicador evaluado (variable para cada alternativa).

 P_i es un factor de forma que define si la curva es cóncava, convexa, lineal o con forma de "S". Obteniéndose curvas cóncavas para valores de $P_i < 1$, convexas o en forma de "S" si

 $P_i > 1$ y tendiendo a lineales para valores $P_i = 1$. Además, determina de forma aproximada la pendiente de la curva en el punto de inflexión de coordenadas (C_i , K_i).

C_i se aproxima a la abscisa del punto de inflexión.

S fuerte

K_i se aproxima a la ordenada del punto de inflexión.

B es el factor que permite que la función se mantenga en el rango de valor de 0 a 1.

$$B = \left[1 - e^{-K_i \cdot \left(\frac{|X - X_{min}|}{C_i}\right)^{P_i}}\right]^{-1}$$
 Ecuación 2.

Del Manual MIVES 2009, se puede adoptar la Tabla 1 de valores de los parámetros, que deberá tener la función valor para que tenga los diferentes tipos de formas.

 $4 < P_i < 10$

 $0.1 < K_i < 0.2$

Tabla 1. Parámetros de la función valor para cada tipo de forma.

Los puntos mínimos y máximos son los límites que se tienen en la gráfica, la selección de estos puede ser con base a la experiencia del decisor, siguiendo una norma vigente o realizando una comparación de los valores de cada alternativa, esta última es la que tiene valores más acertados o concretos.

Parte de la metodología es seleccionar la forma o el tipo de grafico que arrojara la función valor, lo anterior se base en los valores máximos y mínimos de los indicadores y en la velocidad en que cambie el valor de satisfacción de la gráfica con respecto al indicador (Moreno, 2018).

Función valor en S.

La forma más genérica, donde los valores de satisfacción se detectan en los valores centrales, y los valores cercanos al límite presenta un bajo incremento o decremento.

Función de valor Convexa.

Hablando de una gráfica creciente, el valor de satisfacción aumenta poco en valor cercanos a X_{min} y se incrementa notoriamente al acercarse a los valores cercanos a $X_{máx}$.

Función de valor Lineal.

Para este tipo de gráficos, el valor de satisfacción aumentará o disminuirá de forma constante a lo largo de los valores del indicador.

Función de valor Cóncava.

Hablando de una gráfica creciente, el valor de satisfacción aumenta poco en valor cercanos a $X_{máx}$ y se incrementa notoriamente al acercarse a los valores cercanos a $X_{mín}$.

En la siguiente figura 10, se aprecian los tipos de graficas a) Cóncava, b) Convexa, c) Lineal y d) Forma "S".

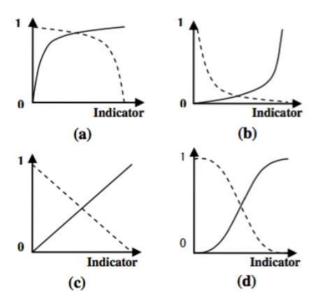


Figura 10. Tipos de grafico que puede adoptar la función valor dependiendo de los parámetros seleccionados. Cóncava, Convexa, Lineal y Forma "S". Alarcón et al, 2011.

2.3.2.4. ASIGNACIÓN DE PESOS.

La asignación de pesos o ponderación consiste en darle valor de importancia a cada uno de los aspectos que intervienen en el árbol de decisión. MIVES tiene la opción de hacerlo de manera directa o utilizando AHP (Analytical Hierachy Process – Proceso Analítico Jerárquico), propuesto T.L. Saaty.

En la figura 11 se muestra un claro ejemplo sobre la aplicación de AHP en programa MIVES, la escala de importancia (valor cuantitativo) nos da una breve descripción de importancia (valor cualitativo). Para así poder discriminar entre las demás opciones disponibles.

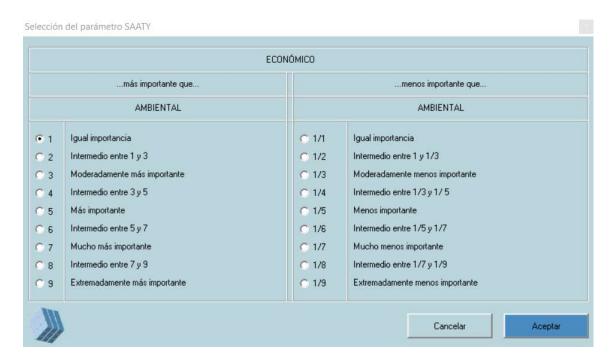


Figura 11. Escala de importancia en MIVES de la matriz de decisión de Saaty.

La asignación de pesos se tiene que hacer dentro de una misma ramificación y se deben de comparar los aspectos de los indicadores que estén dentro del mismo criterio; y los criterios se comparan contra otros criterios que estén dentro del mismo requerimiento, para garantizar la homogeneidad del proceso.

Hablando en particular del método AHP se fundamenta en una comparación de todos los elementos que intervienen en esa ramificación por pares ordenados, como resultado se logrará diferenciar cada elemento dentro de una escala de importancia comprendida entre el

1 y el 9. Para después obtener una matriz de comparación cuyas características según el Manual MIVES del 2009 son:

- Matriz diagonal con valor 1 en toda ella como consecuente de que cuando se compara la importancia de un elemento consigo mismo el resultado será de igual importancia.
- El elemento simétrico de la matriz es el mismo número, pero a la inversa.

En la figura 12 se muestra un ejemplo de la matriz por pares ordenadas que está integrada al programa MIVES y que a su vez nos da la consistencia perfecta de la decisión, se pueden apreciar las características que se comentaron en el párrafo anterior sobre la diagonal.



Figura 12. Matriz de decisión en MIVES de Saaty.

2.3.2.5. ÍNDICE DE VALOR DE LAS ALTERNATIVAS.

Al obtener el índice de valor de las alternativas se puede saber el valor final del análisis de sostenibilidad, para ello es necesario terminar de elaborar las funciones de valor de todos los indicadores, se tiene que obtener la cuantificación de cada variable y transformarla a medida adimensional con la función valor.

Una vez que se tiene esta información completa se deberá multiplicar este resultado con el peso o ponderación del indicador en cuestión, al resultado se le llama <u>valor del indicador</u>. En

dado caso que ese indicador pertenezca a un grupo de varios indicadores dentro de un criterio, estos valores se sumaran para después ser multiplicado ahora por el peso o ponderación del criterio y así obtener el <u>valor del criterio</u>. Se repetirá este proceso de igual forma para llegar al <u>valor de los requerimientos</u> y finalmente obtener el <u>índice de valor de las alternativas</u> planteadas. Todos los índices se pueden representar como un porcentaje del 0 al 100%.

Del Manual MIVES 2009 se puede definir lo siguiente y expresar matemáticamente lo dicho en el párrafo anterior.

- Valor de los indicadores: Se obtiene a partir de la función de valor y a la cuantificación del indicador de cada alternativa.
- Valor de los criterios: Se obtiene a partir del valor de los indicadores pertenecientes a ese mismo criterio multiplicado por sus respectivos pesos.

$$V_{Criterio} = \sum_{i=1}^{n} V_{Indicador i} \times W_i$$
 Ecuación 3.

• Valor de los requerimientos: Se obtienen con la sumatoria de los valores de los criterios pertenecientes a ese mismo requerimiento multiplicado por sus pesos.

$$V_{Requerimiento} = \sum_{i=1}^{n} V_{Criterioi} \times W_i$$
 Ecuación 4.

• Índice de valor de las alternativas: Se obtiene sumando el valor de los requerimientos multiplicado por sus pesos.

Índice de
$$Valor_{Alternativa} = \sum_{i=1}^{n} V_{Requerimiento i} \times W_i$$
 Ecuación 5.

2.3.3. EL CONCRETO.

El concreto hidráulico es una mezcla homogénea de cemento, agua, arena, grava y en algunos casos aditivos, se considera un material sumamente durable, resistente, impermeable y de fácil fabricación, a diferencia del concreto armado que se refuerza con barras o mallas de acero y/o fibras dependiendo de los requerimientos a los que serán sometidos.

2.3.3.1. MATERIALES PARA SU FABRICACIÓN.

2.3.3.1.1. CEMENTO.

El cemento se define como un conglomerante hidráulico formado de arcilla y materiales calcáreos, sometida a la coacción y muy finamente molida que al mezclarse con agua forma una pasta que se solidifica y endurece, ofrece productos mecánicamente resistentes y estables.

Para fabricar el cemento como le conoce es necesario realizar un proceso de tres fases:

- 1. Preparación de la mezcla de las materias primas.
- 2. Producción del Clinker.
- 3. Preparación del cemento.

Las materias primas son minerales que contienen óxidos de calcio, silicio, aluminio, hierro y magnesio en diferentes porcentajes. Estos materiales se extraen en canteras y se llevan a la fábrica dentro de un horno cilíndrico colocado horizontalmente con una mínima inclinación hacia la salida, que rota lentamente y calienta el material aproximadamente a 1,400 °C haciéndolo reaccionar químicamente hasta llegar a ser llamado Clinker, finalmente se le agrega un porcentaje de yeso y se somete a molienda hasta obtener el cemento Portland. En la Tabla 2 se muestran los componentes químicos del cemento y la fuente de obtención.

Tabla 2. Componentes químicos del cemento y la fuente de obtención.

Cal, CaO	Hierro Fe₂O₃	Sílice Si O₂	Alúmina Al₂ O₃	Yeso o Sulfato CaSO ₄ .2H ₂ O
Desechos industriales	Polvo de humo de horno de fundición	Silicato de calcio	Mineral de aluminio	Anhidrita
Aragonita	Arcilla	Roca calcárea	Bauxita	Sulfato de calcio
Calcita	Mineral de hierro	Arcilla	Roca calcárea	Yeso
Polvo de horno de cemento	Costras de laminado	Ceniza volante	Arcilla	
Roca calcárea	Lavaduras de mineral	Greda	Escoria de cobre	
Creta	Cenizas de pirita	Caliza	Ceniza volante	
Arcilla	Esquisto	Loes	Greda	
Greda		Marga	Granodiorita	

Caliza	Lavaduras de mineral	Caliza	
Mármol	Cuarcita	Loes	
Marga	Ceniza de arroz	Lavaduras de mineral	
Coquilla	Arena	Esquisto	
Esquisto	Arenisca	Escoria	
Escoria	Esquisto	Estaurolita	
	Escoria		

En México existen diferentes tipos de cementos, todos ellos bajos los lineamientos de la normatividad de la NMX-C-414 y se enlistan a continuación:

- Tipo CPO Cemento Portland Ordinario.
- Tipo CPP Cemento Portland Puzolánico.
- Tipo CPEG Cemento Portland con Escoria Granulada de Alto Horno.
- Tipo CPC Cemento Portland Compuesto.
- Tipo CPS Cemento Portland con Humo de Sílice.
- Tipo CEG Cemento con Escoria Granulada de Alto Horno.

Complementando lo anterior, también puede variar en clase: Resistencia 20, 30, 30R, 40 y 40R. Así como con sus características específicas, que pueden ser de resistencia a los sulfatos (RS), baja reactividad álcali-sílice (BRA), bajo calor de hidratación (BCH) o de color blanco (B).

2.3.3.1.2. AGREGADOS.

Los agregados representan hasta ³/₄ partes del volumen del concreto, es por demás decir la importancia de tener agregados de buena calidad y que cumplan con las normas. Son fundamentales para la resistencia final que alcanzara el elemento de concreto y es directamente proporcional a su resistencia a la compresión, es decir, el tener agregados débiles nos afectara a la resistencia final del elemento.

Se dividen en agregado grueso y fino, pueden ser naturales o artificiales. El tamaño de los finos llega hasta 9.5 mm de diámetro, mientras que los gruesos se retienen en la malla No.

16 y el tamaño máximo del agregado (TMA) dependerá del diseño de la mezcla, valores comunes de encontrar son de 3/8" hasta 1". Siempre el contar con una buena granulometría o distribución de tamaños nos dará buenos resultados para el concreto.

La forma y la textura de las partículas de los agregados es sumamente importante, estas características externas como la redondez que es la medida del filo o angularidad relativos de los bordes o esquinas de una partícula, la redondez está controlada principalmente por la resistencia a la compresión y a la abrasión de la roca original y por la cantidad de desgaste a la que hayan estado expuestas las partículas, para el caso de los agregados triturados se suma otra variable que es el tipo de máquina trituradora que usaron para este proceso, además de la proporción de reducción de la roca (Neville, 1999).

2.3.3.1.3. AGUA.

El agua para uso para elaboración de concreto es principalmente potable, aquella que por sus características físicas y químicas pueda ser usada para consumo humano, en ocasiones habrá casos especiales donde no pueda ser potable y deberá de cumplir con lo dicho en la NMX-C-122 en apego a la tabla de parámetros mínimos y máximos.

El agua es el componente del concreto encargado de desarrollar las reacciones químicas del cemento Portland, la cantidad de agua que se use para la mezcla afectara directamente a la resistencia, la trabajabilidad, la durabilidad y la impermeabilidad.

En diseño de mezclas la relación agua material cementante (A/C) es la que nos marca la pauta de cuánta agua agregar por peso de cemento, una relación A/C baja nos dará altas resistencias a la compresión, baja trabajabilidad y alta durabilidad. Para contrarrestar la baja trabajabilidad existen aditivos químicos que afectan estas propiedades a beneficio.

2.3.3.1.4. ADITIVOS.

Los aditivos son ingredientes del concreto que se agregan a la mezcla antes o durante el proceso de fabricación, se pueden clasificar con base a su naturaleza como orgánicos e inorgánicos. Tienes como objetivo principal el poder modificar una o más propiedades físicas del concreto en estado fresco o endurecido. Las principales razones para ser usado en la construcción son:

- Reducción de costos en la fabricación.
- Obtener propiedades de manera efectiva.
- Mantener las propiedades del concreto durante el mezclado, transporte, colado y curado. Aún con climas adversos.
- Contrarrestar imprevistos en las etapas de mezclado, transporte, colado y curado.

Del mismo modo, hablando en términos de normativa, la ASTM C 494 reconoce ocho tipos de aditivos:

- A. Reductores de agua.
- B. Retardador de fraguado.
- C. Acelerador de fraguado.
- D. Reductor de agua y retardador.
- E. Reductor de agua y acelerador.
- F. Reductor de agua de alto rango (plastificantes).
- G. Reductor de agua de alto rango y retardador.
- S. Aditivos con características especiales.

2.3.3.2. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.

El diseño de la mezcla de concreto tiene como objetivo el conocer la dosificación de todos los ingredientes necesarios para obtener un concreto en unidades cubicas, de acuerdo con las propiedades físicas de los materiales y con un procedimiento de diseño establecido por el comité 211 del ACI y en apoyo de tablas y parámetros preestablecidos o prediseñados con pruebas de laboratorio.

Para el correcto diseño de una mezcla se tienen que tomar en cuenta ciertas limitantes o solicitudes en la obra, como pueden ser las siguientes:

- Relación agua material cementante.
- Contenido de cemento.
- Contenido máximo de aire.
- Asentamiento.
- Tamaño máximo del agregado grueso.
- Módulo de finura en agregado fino.
- Resistencia mínima a la compresión a los 28 días.

La secuencia o el procedimiento en pasos se explica a detalle a continuación:

El primer paso es conocer ciertas propiedades físicas de los materiales, obtenidos en laboratorio, como lo son: peso específico del cemento, peso específico de los agregados, absorción y contenido de humedad de los agregados, tamaño máximo de la grava y pesos seco compactado del agregado, entre otros.

Después es necesario conocer la resistencia de proyecto y determinar la resistencia promedio de diseño, afectándolo por factores de corrección o desviaciones estándar.

Hablando del agregado grueso, es necesario conocer el tamaño máximo del agregado de acuerdo con las especificaciones del proyecto y a la granulometría del material existente en el sitio de la obra.

También se tiene que seleccionar un asentamiento de acuerdo con las características que se necesiten para el concreto, que pueden ser afectadas por la forma de colocarlo, la condición plástica o el tipo de estructura.

Con los valores de asentamiento y tamaño máximo del agregado, se obtiene el valor del volumen de agua de diseño con ayuda de tablas preestablecidas por el comité 211 del ACI. Se utiliza otro apartado de la misma tabla para llegar al valor de contenido de aire atrapado en la mezcla.

Para obtener la relación agua material cementante, se tome del dato de la resistencia a la compresión de la mezcla y se utiliza una tabla de apoyo, para después obtener el contenido de cemento con dicha relación.

De igual manera se obtiene el contenido de agregado grueso, con apoyo de otra tabla y con los valores de tamaño máximo del agregado y el módulo de finura del agregado fino.

Finalmente, con volúmenes absolutos y por las propiedades físicas de los materiales, se pueden determinar los volúmenes de cada uno de ellos, para finalmente restárselo a la unidad de metro cubico y encontrar el contenido de arena.

2.3.3.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO.

Las propiedades del concreto las determinan la calidad y el estado en el que se encuentran los materiales a utilizar, a continuación, se explican brevemente algunas de ellas.

2.3.3.3.1. TRABAJABILIDAD.

Se le conoce por la facilidad que tiene el material para mezclarse de manera homogénea entre los distintos materiales que conforman la mezcla, así como para transportarse y colocarse en su posición final.

2.3.3.3.2. COHESIVIDAD.

La cohesividad se define como la propiedad del concreto gracias a la cual es posible controlar de buena manera la segregación durante la etapa de manejo de la mezcla y la colocación en la posición final del elemento. Es esencial que la mezcla sea cohesiva cuando las condiciones de colocación sean difíciles al moverlo por canaletas o hacerlo pasar por armados muy densos, o bien cuando la distancia sea muy grande al transportarlo.

2.3.3.3. RESISTENCIA.

Es la propiedad más importante para la selección de este material para la construcción de infraestructura. Es la capacidad que tendrá el producto para soportar esfuerzos, mayormente a la compresión que a la tracción.

Se define la resistencia a la compresión del concreto, como la máxima resistencia que soportara un espécimen de concreto con carga axial a los 28 días de haberlo elaborado.

Algunas condiciones que afectan la resistencia son la relación agua material cementante, el contenido de cemento, el tipo de concreto y las condiciones de curado.

2.3.3.3.4. DURABILIDAD.

Es la capacidad que el concreto tendrá para para resistir las afectaciones ambientales, químicas y mecánicas a los que estará expuesto durante su vida útil brindando un servicio.

2.3.4. ADICIONES MINERALES.

Las adiciones minerales son materiales inorgánicos que son incorporados al cemento o al concreto en diferentes proporciones con la finalidad de mejorar sus propiedades mecánicas y durables.



Figura 13. Diferentes tipos de adiciones minerales para uso en concreto hidráulico.

2.3.4.1. MICROSÍLICE.

Como el primer material que se abordara refiriéndonos a adiciones minerales es la microsílice o humo de sílice, es un producto de color gris parecido al cemento Portland y el ACI lo define como: sílice no cristalina de muy elevada finura producida en hornos de arco eléctrico como subproducto de silicio primario o aleaciones con silicio, se emplea habitualmente como adición al concreto por sus propiedades y su finura, ya que aumenta la superficie específica del material, su proceso de producción se lleva a cabo mediante la oxidación de cuarzo (SiO₂) de alta calidad a temperaturas superiores a 2000 °C en hornos de arco eléctrico.

2.3.4.2. CENIZA VOLANTE.

La ceniza volante en un aditivo cementicio de carácter hidrófilo en forma de partículas resultantes de la combustión del carbón, son residuos sólidos que se obtienen por precipitación electrostática o por captación mecánica de los polvos que acompañan a los gases de combustión en los quemadores de las centrales carboeléctricas alimentadas por carbones pulverizados, al usarse como una adición del concreto se debe tener especial cuidado en comprobar su regularidad para tener certeza que su composición no afecte al concreto.

2.3.4.3. CENIZA VOLCÁNICA.

La ceniza volcánica como adición en concreto, se define como la parte más fina de una composición de roca y mineral eyectadas por una apertura volcánica, por lo que se origina de erupciones, habiendo tres formas básicas de formación: magmática, freatomagmatica / hidrovolcanida y freáticas. En México existen 42 volcanes reconocidos de los cuales 12 están activos distribuidos mayormente en el centro-sur del país.

2.3.5. EL CONCRETO EN AMBIENTE MARINO.

Nuestro proyecto se localiza geográficamente en la zona costera por lo que en términos de clima se tiene un ambiente marino, un lugar que provoca algunas patologías dañinas para el concreto por la misma composición del agua de mar ya que contiene muchas sales disueltas por lo que compromete directamente la durabilidad de las estructuras, otros factores que es importante tener en cuenta es la temperatura del ambiente y la presión, ya que propician condiciones ideales para acelerar los procesos de deterioro en las estructuras de concreto armado con acero corrugado.

De lo anterior podemos comentar que dependiendo de la zona que se encuentre la estructura que deseemos evaluar será el grado de exposición, por consiguiente, la afectación del elemento, dentro del mismo ambiente marino se puede clasificar por su ubicación en las siguientes zonas: atmosfera marina, salpicaduras, mareas, sumergida y enterrada. Dependiendo de la concentración de sales y de la presencia de oxígeno se propiciará la

patología. En la siguiente figura 14, se pueden apreciar las zonas que se presentan en estructuras frente al mar.

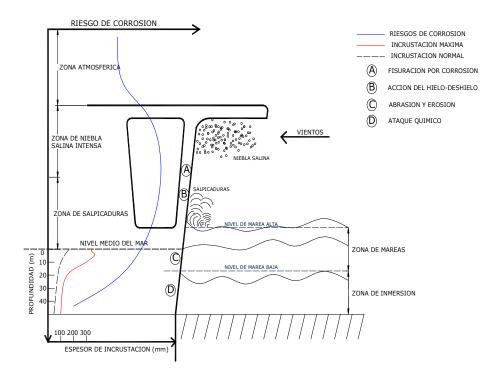


Figura 14. Clasificación de zonas en ambiente marino contra el riego de corrosión.

Toma gran importancia el tema de la durabilidad cuando se habla de construcción con concreto armado bajo condiciones de ambiente marino, esto por el aumento de agresividad química fomentado en gran medida por la presencia de cloruros en el aire. Se entiende por durabilidad según la NMX-C-403 como "La capacidad de resistir durante un tiempo determinado, la acción del ambiente, ataque químico, o cualquier proceso de daño, manteniendo su forma original, condiciones de servicio y propiedades mecánicas".

La principal patología del concreto asociado con el ambiente marino es relacionada con la corrosión del acero que refuerza al elemento estructural. Los cloruros presentes en el aire son capaces de penetrar por el recubrimiento de concreto hasta llegas a la superficie del acero. Existen métodos muy prácticos para determinar la presencia y la afectación de esta patología: la resistividad eléctrica (NMX-C-514-ONNCCE-2016) y la migración de cloruros (NT BUILD 492).

La resistividad eléctrica se define como una propiedad fundamental de un material que cuantifica la intensidad con que el material se opone al flujo de la corriente eléctrica. Una baja resistividad indica un material que permite fácilmente el flujo de corriente eléctrica. La resistividad eléctrica es representada habitualmente por la letra griega ρ (rho) y en el sistema internacional de medidas su unidad en ohm-m (Ω ·m).

Hablando de migración de cloruros, podemos comentar que es un método grafico colorimétrico y su principal aplicación es para conocer qué tanto ha avanzado el ion cloruro dentro de las capas del concreto por el fenómeno de absorción. Es necesario rociar una solución de nitrato de plata en la cara expuesta del concreto para que se dé una reacción fotoquímica.

2.3.6. MURO DE CONTENCIÓN.

Un elemento estructural se define como cada parte en las que se compone una estructura que fue diseñada, calculada y construida, de acuerdo con las exigencias de un diseño y a la resistencia de los materiales usados. Un muro de contención forma parte de lo anterior y su objetivo es el de retener o confinar lateralmente una masa de suelo u otro material y evitar que las fuerzas ejercidas o empujes, deslicen o vuelquen la estructura. Tiene el objetivo de proteger vías de comunicación, edificaciones y zonas de riegos. Se conforma por un elemento vertical que da soporte y retiene el material de relleno, conocidas como cargas estáticas y también las sísmicas en caso de requerirse. Requiere un elemento que de estabilidad en la parte baja del muro.

Hablando en particular de un muro tipo cantiléver, se caracteriza por ser un muro delgado y una losa en la base que soporta la masa del suelo detrás del muro, pueden tener forma de L o T invertida y la estabilidad depende del peso del suelo en la parte del talón de la losa de la base o zapata, en ocasiones también es necesario diseñar con un dentellón para aumentar la resistencia al deslizamiento.

Normalmente estos elementos son fabricados con concreto reforzado con varilla corrugada y se diseña como un elemento integral, como un cuerpo rígido, en la figura 15 se muestra el tipo de muro de contención que se analizara.

Se diseña para soportar deslizamiento, volcamiento y capacidad portante:

Deslizamiento: el empuje del suelo activo debe ser restringido por las fuerzas de corte entre el suelo y la base y por la resistencia pasiva ejercida por el suelo de la estructura.

Volcamiento: las falla por este factor ocurren cuando las fuerzas (momento) que ejerce el suelo pasivo supera a la sumatoria de momentos resultantes de la estructura en el punto de rotación.

Capacidad portante: la capacidad de carga admisible es con la que se diseña la cimentación para la estructura de contención. La carga vertical transmitida al suelo por la losa de la base del muro de contención no debe exceder la capacidad de carga máxima del suelo, de lo contrario fallaría el elemento estructural.

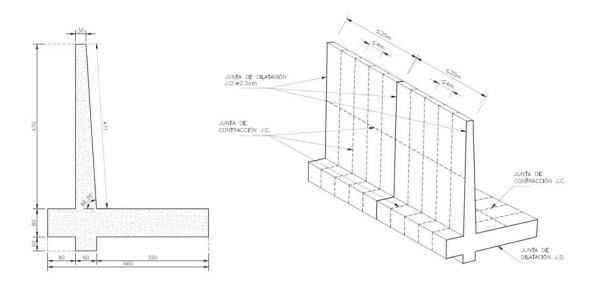


Figura 15. Sección y arreglo esquemático de muro de contención.

2.4. MARCO LEGAL

El presente proyecto de intervención se sustentará legalmente en términos de calidad y tipo de materiales, diseño de mezclas y dosificaciones de estas, realización de pruebas del concreto en estado fresco y endurecido, aplicación de métodos y procedimientos, lectura y revisión de resultados de indicadores, análisis de precios unitarios y programas de obra y

evaluación del nivel de sostenibilidad de las alternativas. Atendiendo normas y especificaciones en lo siguiente:

- Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.
- Normas Mexicanas (NMX) relacionadas con el cemento y el concreto.
- Normas y recomendaciones técnicas para el uso del hormigón reforzado, bajo lo estipulado en el comité 200 y 300 del Instituto Americano del Concreto (ACI).
- Normas Noruega, específicamente la NT BUILD 492 relacionadas con migración de cloruros.
- La Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas y su Reglamento.
- Manual MIVES 2009.

III. PROYECTO DE INTERVENCIÓN

3.1. OBJETIVO GENERAL.

 Evaluar el nivel de sostenibilidad de una estructura de concreto armado fabricada con distintas adiciones minerales, tomando en cuenta factores ambientales, sociales y económicos, considerando las condiciones predominantes en el ambiente marino.

3.2. OBJETIVOS PARTICULARES.

- Diseñar una mezcla de concreto de referencia atendiendo a la normativa, con una relación agua-cemento fija.
- Diseñar mezclas de concreto con materiales cementantes complementarios, estableciendo diferentes porcentajes de sustitución para cada adición mineral, con una misma relación agua-cemento, apegándonos a la bibliografía.
- Evaluar las propiedades mecánicas y durables del concreto fabricado con adiciones minerales con sus diferentes porcentajes de sustitución parcial del cemento y establecer la dosificación idónea para cada una de las tres adiciones minerales.
- Realizar una intensa revisión bibliográfica para obtener dosificaciones que sirvan de referencia y que empleen adiciones minerales como la microsílice, ceniza volante y ceniza volcánica, que cumplan con un f'C de 250 kg/cm² y con todo lo necesario para ser tomadas en cuenta como alternativas de la problemática.
- Implementación del programa MIVES para ser usado como una herramienta bien definida y fundada para tomar la mejor solución entre las alternativas propuestas.
- Definir los límites del sistema de toma de decisiones en componentes, tiempo y requerimientos.

- Elaborar un árbol de requerimientos con sus respectivos niveles, que se ajusten a las necesidades de la investigación y que sirva como soporte para la toma de decisiones sobre la sostenibilidad.
- Realizar un análisis de valor para cada indicador a partir de un árbol de requerimientos y poder determinar el nivel de sostenibilidad de cada una de ellas.
- Recopilar los resultados de los indicadores para cada uno de los criterios de los requerimientos, que serán las variables de las alternativas y darán valor al nivel de sostenibilidad.
- Obtener el nivel de sostenibilidad para cada una de las alternativas propuestas y definir cuál de ellas es la mejor.

3.3. JUSTIFICACIÓN.

El concreto es uno de los materiales más usados en el sector de la construcción, funge un papel dominante en esta industria debido a su versatilidad dentro de la construcción, facilidad de obtención a lo largo de todo el mundo y a su costo que resulta relativamente accesible frente a otros materiales. Sin embargo, ambientalmente es un material sumamente contaminante debido a los procesos que se llevan a cabo para la fabricación del cemento Portland. Por lo tanto, se consideran temas de gran interés para la investigación que benefician los tres pilares fundamentales de la sostenibilidad.

Aunado a lo anterior, resulta de gran importancia tener herramientas de toma de decisiones que nos permitan evaluar las diferentes propuestas que aporten beneficios ante la problemática ambiental. Por lo que medir el nivel de sostenibilidad de cada alternativa siguiendo una metodología basada en un modelo integral es una propuesta alentadora para la elección de las mejores soluciones.

En esta investigación se evaluará un muro de contención localizado frente a la línea de costa, utilizando cuatro mezclas de concreto con distintos materiales cementantes, una será convencional, dos serán subproductos de la industria y otro es un residuo volcánico. En tres

MIC

de las alternativas lograremos disminuir el uso del cemento y aportaremos propiedades durables en el elemento, la solución se maximiza por el hecho de estar ubicado en una zona con ambiente marino.

Una vez que se expongan los resultados con el respaldo de la metodología, las empresas que ofrecen servicios como: elaboración de cemento, elaboración de aditivos y premezclado de concreto, se mostrarán interesados en conocer las adiciones minerales de las que hablaremos en esta investigación, ya que ofrecerán soluciones sostenibles que cumplan social, económica y ambientalmente.

3.4. METODOLOGÍA.

En este apartado se establece el procedimiento definido para lograr cada uno de los objetivos, el primer paso será obtener los insumos que demande el proyecto, para posteriormente diseñar las dosificaciones. Se diseñarán cuatro tipos de mezclas diferentes para cumplir con una misma resistencia, posteriormente se tomarán las muestras para poder hacer las pruebas y evaluar las propiedades mecánicas y durables para confirmar que cumplan con lo que el diseño demande. Finalmente se determinarán las variables o indicadores más importantes para cada alternativa y así poder alcanzar un nivel de sostenibilidad evaluada por MIVES.

3.4.1. MEZCLAS DE CONCRETO CON ADICIONES MINERALES.

3.4.1.1. MATERIALES NECESARIOS PARA ELABORAR UN

CONCRETO.

-Agregados:

El agregado fino consistirá en arenas naturales con tamaño de partícula que puede llegar hasta 10 mm, para este caso se usara arena de rio que cumpla con la NMX-C-111-2017 en cuanto a calidad del agregado, también deberá cumplir por granulometría con la norma NMX-C-077-1997.

Como agregado grueso son aquellas partículas que se retienen por su tamaño en la malla No. 16 y el tamaño máximo del agregado podrá ser de ¾" y 1 ½", de igual forma deberá cumplir con lo dicho anteriormente en cuanto a calidad y granulometría.

-Agua:

Se usará agua potable, tomada directamente de la llave de la junta de agua potable del municipio, misma que deberá cumplir con lo establecido en la NMX-C-283-2018, que establece que el agua para uso en la elaboración del concreto debe tener la calidad para uso humano.

-Cemento:

Se usará cemento Portland compuesto, debido a que es el más común y de fácil de obtener en la región, cuya resistencia a la compresión será normal, y deberá cumplir con la norma NMX-C-414-2017.

-Adiciones minerales:

- Microsílice humo de sílice silica fume
- Ceniza Volante fly ash
- Ceniza Volcánica volacanic ash



Figura 16. Diferentes adiciones minerales utilizadas en la fabricación de mezclas de concreto.

MIC

Dichos insumos se obtendrán por pedido especial, ya que es difícil y poco común encontrarlos en el mercado local ya que algunos son un desecho de la industria y otros geográficamente están fuera del radio del mercadeo de materiales.

La microsílice la comercializa la marca SIKA®, nombre del producto SIKACRETE® 950 DP, con los diversos distribuidores que se encuentran a lo largo de todo el país, al ser un material poco usado se tiene que comprar sobre pedido, pero no tarda más de una semana en tenerlo en sus instalaciones.

La ceniza volante se recolecta en las centrales termoeléctricas del municipio de Nava en el Estado de Coahuila, el precio es despreciable estando en las instalaciones de CFE, lo tardado y costoso es trasportarlo al lugar donde se necesite.

La ceniza volcánica es proveniente del volcán de Colima, localizado en las inmediaciones de los Estados de Jalisco y Colima, su precio es muy parecido al de material de relleno o arena de rio, ya que no se comercializa como una adición mineral si no como un insumo de la agricultura.

3.4.1.2. DISEÑO Y DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO CONVENCIONAL Y CON ADICIONES MINERALES.

Es necesario diseñar mezclas preliminares para establecer qué porcentaje de adición favorecen el comportamiento mecánico, inicialmente se establecen dosificaciones de acuerdo con la bibliografía, calculadas para resistir 250 kg/cm²; una convencional y tres más considerando cada una de las adiciones minerales descritas en el apartado anterior. El diseño es siguiendo lo establecido en el ACI 211.

Con la microsílice los porcentajes que suelen utilizarse van entre 5 y 10% cuando se le adiciona CPO, el cual para esta investigación no fue el caso debido a que en la región es muy difícil obtenerlo. Se propone con lo anterior iniciar con 4%.

La ceniza volante suele utilizarse porcentajes que van del 10 al 20% para CPO, para este caso en particular utilizaremos CPC y se realizarán mezclas con 10 y 20% para posteriormente hacer la evaluación de los resultados y elegir la que mejor comportamiento mecánico ofreció.

Para el caso de la ceniza volcánica, se retomará una investigación realizada en la Facultad de Ingeniería de Mazatlán donde se observa que el mejor comportamiento mecánico fue en adición del 5%, aunque con el 10% muestra resultados superiores a los requeridos por proyecto, por lo que se usará este último por ser la opción con mayor beneficio ambiental.

En la Tabla 3 se logra apreciar el diseño basado en lo dicho en el comide 211 del ACI para la mezcla de control, se requiere el diseño detallado para ir variando el porcentaje de cementante de las otras tres mezclas. En la Tabla 4 se muestran las dosificaciones preliminares de las cuatro mezclas en una especie de comparativa o concentrado de resultados.

Tabla 3. Diseño de mezcla de control por el procedimiento del ACI.

DATOS DEL PROYECTO			CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES				
ELEMENTO:		CONTROL 1		GRAVA	ARENA	CEMENTANTE	
f'C, kg/cm ² :		250	P.V.S.S., kg/m ³	1584.71	1485.16	-	
TIPO DE CEMENTO:		CPC	P.V.S.C., kg/m3	1701.36	1613.43	-	
REVENIMIENTO, cr	n:	16.5 +/- 2	DENSIDAD	2.5	2.5	3.15	
CONDICIONES DE T	RABAJO	LABORATORIO	% ABS.	1.32%	2.04%	-	
% DE AIRE INCLUID	0:	-	TMA	3/4	-	-	
COLOCACIÓN DEL CONCRETO		NORMAL	MF	2	2.49		
LT. DE AGUA/m ³		210	CEMENTANTE EN kg/m³= LT DE AGUA /REL (A/C)				
		210	338.71				
RELACION A/C		0.62	GRAVA kg/m ³ = VOL. AGR X PVCG				
VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO m ³		0.65	1105.89				
PERO MOL PEL CON	CRETO FRESCO kg/m ³	ARENA kg/m³ = PVCF-(C+A+G)				+G)	
PESO VOL. DEL CON	CRETO FRESCO Kg/m	2355	700.40				
	CÁLCU	ILO DE MATERIA	ALES PARA ELA	BORAR PI	ROBETAS		
MATERIAL	kg/m³	VOL. PROBETA m ³	NUM.	DESP.	CANTIDAD kg	CANTIDAD C/ABS kg	
AGUA	210	(4)	8		2.38	2.71	
CEMENTO	338.71		6	20%	3.84	3.84	
GRAVA	1105.89	0.00157			12.51	12.51	
ARENA	700.40				7.93	7.93	
MCS	0.00				0.00	0.00	

f'C=	250) kg/cm²	A/C=	0.62			
MEZCLA	MATERIAL						
IVIEZCLA	AGUA (kg)	CEMENTO (kg)	GRAVA (kg)	ARENA (kg)	MCS %		
CONTROL	210	338.71	1105.89	700.40	0.0%		
SF 4%	210	325.16	1105.89	700.40	4.0%		
FA 10%	210	304.84	1105.89	700.40	10.0%		
FA 20%	210	270.97	1105.89	700.40	20.0%		
VA 5%	210	321.77	1288.04	648.25	5.0%		
VA 10%	210	304.84	1288.04	648.25	10.0%		
VA 20%	210	270.96	1288.04	648.25	20.0%		

Tabla 4. Dosificación preliminar para adiciones minerales y mezcla de control.

3.4.1.3. MUESTREO DE MEZCLAS PARA ENSAYOS.

Una vez que realicemos las mezclas de concreto, es necesario elaborar probetas de concreto que servirán para realizar los ensayos destructivos y no destructivos y así determinar las propiedades mecánicas y durables de las mezclas.

Las muestras se tomarán siguiendo la metodología descrita en la norma NMX-C-161-2013, también se hará la prueba de revenimiento trabajando con la norma NMX-C-156-2010.

Las probetas son de forma cilíndrica con un diámetro de 10 cm y una altura de 20 cm que se necesitan para la prueba, se realizaron un total de 24 probetas, 6 para cada mezcla.



Figura 17. Moldes de 10 x 20 cm., para recibir muestras de concreto.

3.4.1.4. DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS.

Se determinó la resistencia a la compresión simple siguiendo lo descrito en la norma NMX-C-083-2014 y la forma preparación de la muestra se llevó a cabo conforme a lo dicho en la norma NMX-C-109-2013. En la figura 19 se aprecia el ensayo destructivo para medir la carga que soportó uno de los especímenes de concreto en una prensa universal que somete carga axial.



Figura 18. Preparación de los especímenes mediante cabeceo en azufre para ensayar compresión simple.



Figura 19. Ensayo de probeta para evaluar resistencia a la compresión.

3.4.1.5. DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DURABLES.

Se determino resistividad eléctrica mediante pruebas no destructivas en laboratorio, siguiendo lo estipulado en la NMX-C-514-2016. Con apoyo de un aparato electico llamado "resistometro" que se opera de acuerdo con el manual de usuario del proveedor.



Figura 20. Ensayo de probeta para evaluar resistencia eléctrica.

La resistividad eléctrica la obtenemos con las Ecuaciones 6, 7 y 8.

$$\rho = Re \cdot K$$
 Ecuación 6

$$Re = \frac{E}{I}$$
 Ecuación 7

$$K = \frac{A}{L}$$
 Ecuación 8

Donde:

ρ = Resistividad eléctrica, en ohm-cm u ohm-m.

Re = Resistencia eléctrica, en ohm.

K = Constante de celda, en cm o m.

E = Tensión o diferencial de potencial eléctrico, en volt.

I = Corriente aplicada, en amperios.

 $A = \text{Área de la sección trasversal del espécimen, en cm}^2 \text{ o m}^2$.

L = Longitud del espécimen, en cm o m.

Para determinar migración de cloruros con apego a la normativa NT BUILD 492, consiste en una prueba destructiva gráfica, en donde con ayuda de carga eléctrica se hacen migrar hacia el interior de la probeta los iones cloruros presentes en la solución externa, el potencial eléctrico se somete por un tiempo determinado y la probeta se fractura axialmente para después rociarle una solución de nitrato de plata.

Por cambio de colores es posible determinar el espesor de concreto que avanzo el cloruro, y con ese dato es posible celular el coeficiente de migración del elemento.

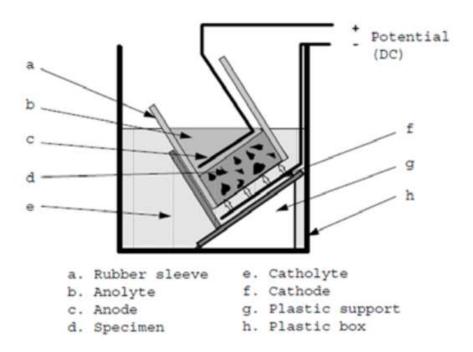


Figura 21. Ensayo de probeta para evaluar migración de cloruros.

3.4.2. MODELO INTEGRADO DE ANÁLISIS DE VALOR.

3.4.2.1. LÍMITES DEL SISTEMA EN MIVES.

Para este proyecto se definen los límites como una estructura general compuesta de tres ejes: requerimientos, componentes y el ciclo de vida.

Primeramente, tenemos los requerimientos, que tienen como objetivo definir las necesidades o aspectos generales que se necesitan para poder llevar a cabo el análisis, que permita seleccionar la mejor alternativa del proyecto.

Como este proyecto está enfocado al análisis de sostenibilidad, los tres requerimientos son los tres ejes fundamentales del desarrollo sostenible: económico, ambiental y social.



Figura 22. Requerimientos en los límites del sistema en el programa MIVES.

Después, tenemos el límite de los componentes, que está integrado por las partes en el que se puede dividir el problema, para este proyecto de intervención por cuestión de alcances, solo abordaremos un solo componente que será el de la construcción del muro de contención construido con concreto armado. Ya que no es discriminante al ser una obra relativamente sencilla con un número bajo de partidas el separarlo, viéndolo de manera general no abonaría en nada separar, por decir un ejemplo, "zapata corrida" de "muro de contención", porque tenemos el mismo tipo de concreto.

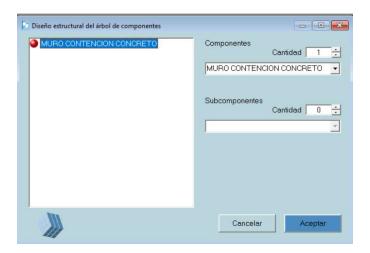


Figura 23. Árbol de componentes en los límites del sistema en el programa MIVES.

Finalmente, el eje del ciclo de vida está conformado por las distintas etapas del proyecto a lo largo del tiempo y se pueden descomponer en planeación, construcción, operación, mantenimiento, demolición, etcétera.

Al hablar de este proyecto en particular, por cuestiones de alcances solamente tomaremos en consideración el proyecto en la etapa de construcción para acotarlo, debido a que en esta fase es donde tenemos más indicadores que discriminan entre alternativas.

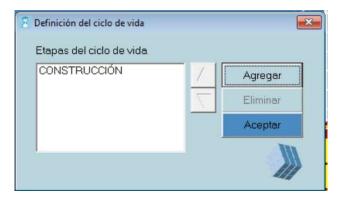


Figura 24. Etapas del ciclo de vida en los límites del sistema en el programa MIVES.

3.4.2.2. ÁRBOL DE TOMA DE DECISIÓN.

Siguiendo las recomendaciones del Manual MIVES 2009, para este proyecto se realizó un acomodo ordenado, ramificado y jerarquizado de los aspectos fundamentales para el modelo,

se hizo una selección estratégica de los indicadores, contemplando las sugerencias que deben de ser menos de 20, para este caso se eligieron 13 indicadores que cumplen con las características para ser usados y que se diferencien de entre las alternativas.

El árbol que se estudia tiene solo tres niveles (requerimientos, criterios e indicadores), con los que se cumple lo anterior satisfactoriamente para esta obra, ya que por magnitud no es muy grande y no se requiere de una profunda y detallada metodología para obtener resultados satisfactorios.

En el primer nivel se encuentran los requerimientos, tenemos tres: económico, ambiental y social.

El siguiente nivel del árbol es el de los criterios que se desglosan de los requerimientos, se tienen siete criterios: costo, tiempo, uso de residuos, producción y transportación, clima, estético y seguridad.



Figura 25. Árbol de requerimiento de tres niveles en el programa MIVES.

3.4.2.3. FUNCIÓN VALOR

Con el objetivo principal de poder comparar a los indicadores con unidades de medida diferentes se utiliza la función valor, que es una ecuación que dependiendo el comportamiento del indicador será la forma de la gráfica que la represente, se basa específicamente en cinco variables.

Para los trece indicadores tendremos valores mínimos y máximos dentro del sistema de ejes con coordenadas cartesianas, al entrar con el valor de cada indicador para cada variable obtendremos el valor de satisfacción que depende directamente del índice de valor de indicadores, criterios y requerimientos.

Recordando la ecuación matemática, podemos observar una formula genérica que es definida mediante cinco parámetros que definen la forma de la función son: K_i , C_i , $X_{máx}$, $X_{mín}$ y P_i , para obtener el valor de B, en la Ecuación 1 y 2 se muestran el acomodo matemático, extraído del Manual MIVES 2009.

$$V_{ind} = B \cdot \left[1 - e^{-K_i \cdot \left(\frac{|X - X_{min}|}{C_i} \right)^{P_i}} \right] \text{ Ecuación 1.}$$

Donde: X_{min} es el valor en abscisas, cuya valoración es igual a cero (en el caso de funciones de valor crecientes).

X es la abscisa del indicador evaluado (variable para cada alternativa).

 P_i es un factor de forma que define si la curva es cóncava, convexa, lineal o con forma de "S". Obteniéndose curvas cóncavas para valores de $P_i < 1$, convexas o en forma de "S" si $P_i > 1$ y tendiendo a lineales para valores $P_i = 1$. Además, determina de forma aproximada la pendiente de la curva en el punto de inflexión de coordenadas (C_i , K_i).

C_i se aproxima a la abscisa del punto de inflexión.

K_i se aproxima a la ordenada del punto de inflexión.

B es el factor que permite que la función se mantenga en el rango de valor de 0 a 1.

$$B = \left[1 - e^{-K_i \cdot \left(\frac{|X - X_{min}|}{C_i}\right)^{P_i}}\right]^{-1}$$
 Ecuación 2.

A continuación, en la tabla 5 se muestran los valores de los parámetros para obtener la ecuación, debido al alcance de esta investigación y a los datos obtenidos, se opta por elegir la forma de las gráficas con lineales, es decir, el valor de satisfacción aumentará o disminuirá de forma constante a lo largo de los valores del indicador.

Los valores de X mínimos y máximos se lograron obtener a partir del valor de los indicadores para cada una de las cuatro alternativas.

Tabla 5. Parámetros de los indicadores de la función valor para MIVES.

INDICADOR	UNIDAD	Xmín	Xmáx	С	K	Р
COSTO DIRECTO	\$	1,700,000.00	2,000,000.00	0.1	0.01	1
COSTO POR MANTENIMIENTO	\$	180,000.00	270,000.00	0.1	0.01	1
DIFICULTAD PARA OBTENER MATERIALES	%	-	100.00	0.1	0.01	1
TIEMPO EN OBRA	día	60.00	75.00	0.1	0.01	1
TIEMPO PARA OBTENER MATERIALES	día	-	14.00	0.1	0.01	1
ADICIONES MINERALES	ton	-	11.00	0.1	0.01	1
CEMENTO	ton	90.00	110.00	0.1	0.01	1
CANTIDAD DE CO ₂	kg/m³	280.00	350.00	0.1	0.01	1
ENERGÍA CONSUMIDA	GJoule/m ³	3.40	4.00	0.1	0.01	1
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA	Kohm.cm	-	100	0.1	0.01	1
MIGRACIÓN DE CLORUROS	m²/s	15.00	25.00	0.1	0.01	1
APARIENCIA	%	-	100.00	0.1	0.01	1
VIDA ÚTIL	años	25.00	75.00	0.1	0.01	1

Podemos percatarnos que los valores de C, K y P se mantienen constantes debido al tipo de grafica que estaremos trabajando, de forma lineal.

3.4.2.4. ASGINACIÓN DE PESOS.

La metodología que se está siguiendo, exige darles pesos o ponderaciones a los indicadores, criterios y requerimientos del modelo. Esto puede ser de manera directa (valoraciones hechas



por el decisor) o mediante un proceso analítico jerárquico, conocido por sus siglas en inglés como AHP desarrollado por T.L. Saaty.

Con el objetivo de tener mayor credibilidad, se eligió la segunda opción y así lograr tener un sustento en este rubro, importante recordar que este tipo de análisis fueron diseñados para resolver problemas complejos de criterios múltiples.

El programa MIVES ya tiene integrada esta herramienta, nos permite trabajar cada uno de los conjuntos de datos, nos arroja la matriz de comparación y la escala de preferencia con valores cuantitativos (del 1 al 9) y valores cualitativos (igual importancia a extremadamente más importante). En la figura 26 aparece la escala descrita anteriormente para los requerimientos del modelo.



Figura 26. Escala de importancia de Saaty para modelo MIVES.

Con apoyo de lo anterior se le dio un valor dentro de la escala de importancia a cada indicador, criterio y requerimiento que estuvieran dentro de su misma ramificación, hacer énfasis que la sumatoria de los valores tiene que ser 100%.

En la Tabla 6 se define el árbol de decisión con su respectiva ponderación usando AHP, destacando que en el nivel de los indicadores tenemos siete grupos, en el nivel de los criterios se tienen tres grupos y finalmente en el nivel los requerimientos, en todos los casos la suma de cada uno de ellos en los diferentes niveles nos da una sumatoria igual al 100%.

REQUERIMIENTO / peso CRITERIO / peso INDICADOR / unidad / peso **COSTO DIRECTO** \$ 65.22% \$ COSTO POR MANTENIMIENTO 13.04% COSTO 75% **DIFICULTAD PARA OBTENER** % 21.74% **ECONÓMICO** 40% **MATERIALES** día 66.67% TIEMPO EN OBRA TIEMPO 25% **TIEMPO PARA OBTENER** día 33.33% MATERIALES **ADICIONES MINERALES** ton 50.00% MATERIALES 75% **CEMENTANTES CEMENTO** ton 50.00% PRODUCCIÓN DE **AMBIENTAL** 40% kg/m³ 50.00% **CEMENTO Y** CANTIDAD DE CO₂ 25% TRASPORTACIÓN GJoule/m3 50.00% **DE CONCRETO ENERGÍA CONSUMIDA** RESISTIVIDAD ELÉCTRICA Clasificación 50.00% DURABILIDAD 28.57% m^2/s 50.00% MIGRACIÓN DE CLORUROS 20% SOCIAL **ESTÉTICA** 14.27% % **APARIENCIA** 100.00% **SEGURIDAD** 57.14% 100.00% VIDA ÚTIL años

Tabla 6. Árbol de decisión con ponderaciones para metodología MIVES.

3.4.3. UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA CONSTRUCCIÓN.

El elemento de estudio se trata de un muro de contención fabricado con concreto hidráulico, reforzado con varilla corrugada de diferentes diámetros, el proyecto hace mención detalladamente del armado de los refuerzos y especifica que la resistencia a la compresión a los 28 días deberá ser superior a los 250 kg/cm².

Se encuentra a un costado de la playa a unos metros del Océano Pacifico. Se cimentará sobre la arena cuya capacidad de carga es de 45 ton/m².

La longitud del elemento es de 50 metros en forma lineal y salva una altura de aproximadamente 5.5 metros de desnivel entre nivel de terreno natural al costado de la playa y la parte superior del muro, geográficamente está ubicado en la ciudad de Mazatlán, en el Estado de Sinaloa, en el sector conocido como Cerritos, localizado en la salida norte de la ciudad. En la figura 27 se aprecia de mejor manera su ubicación y en la Tabla 7 se muestran algunos datos relevantes sobre la ciudad mencionada.



Figura 27. Localización geográfica del muro de contención elaborado frente al Océano Pacifico en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa.

Contextualizando el campo de estudio de este proyecto es importante mencionar detalladamente el sitio de la obra. El Estado de Sinaloa limita al norte con el Estado de Sonora, al sur con el Estado de Nayarit, al este con el Estado de Chihuahua y Durango y al oeste con el Océano Pacifico. El clima que ofrece es de una alta humedad y vientos fuertes en temporada.

Capital Culiacán Rosales Superficie 58,200 km² Población (2015) 2'966,321 habitantes Densidad 48.2 hab/km² Altitud media 139 m.s.n.m. Altitud máxima 2,800 m.s.n.m. Seco, semiseco, cálido subhúmedo y muy Climas seco. Sectores relevantes Agricultura, pesca y ganadería. Costas marítimas 656 km de litoral Puerto de Mazatlán y Puerto de Principales puertos Topolobampo. Aeropuerto Internacional de Culiacán, Aeropuerto Internacional de Mazatlán y Aeropuertos internacionales Aeropuerto Internacional de Los Mochis

Tabla 7. Datos relevantes del Estado de Sinaloa.

3.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En este apartado mostraremos los resultados obtenidos en el proyecto de intervención dividido en tres partes:

La primera parte corresponde a los resultados que permitieron realizar la caracterización de las propiedades de los materiales. Las propiedades mecánicas se establecieron mediante su resistencia a la compresión, en cuanto a las propiedades durables estas se caracterizaron a través del ensayo de resistividad eléctrica, asimismo se estableció como parámetro durable el ensayo de migración de cloruros, estos resultados se obtuvieron a partir de investigaciones con características similares que exponían sus resultados en artículos científicos.

En la segunda sección se mostrarán los resultados de cada indicador para cada una de las cuatro alternativas, la forma de obtener dicho valor y la gráfica de cada una de ellas.

Finalmente, mediante los resultados de los indicadores y el indicie de valor, lograremos obtener el índice de valor de cada alternativa.

3.5.1. PROPIEDADES MECÁNICAS Y DURABLES.

En el presente apartado se explican a detalle los resultados que se lograron obtener. Es importante mencionar que se elaboraron cuatro tipos de mezclas con diferentes materiales: la primera de control o referencia, la segunda con adición de microsílice, una tercera con adición de ceniza volante y la última con ceniza volcánica.

Anteriormente se habían expuesto a detalle las dosificaciones seleccionadas, todas ellas con un cemento Portland compuesto debido a que en la región es el que se vende comercialmente. En la tabla 8 se aprecian los resultados de las propiedades mecánicas obtenidas, por lo que todas les mezclas cumplen con el requisito fundamental de este proyecto, por diseño estructural se nos exige que los concretos realizados cumplan con 250 kg/cm².

Tabla 8. Resultado de mezclas con adiciones minerales y mezcla de control, obteniendo propiedades mecánicas.

f'C=	250 kg/cm ²	A/C=	0.62				
	PROPI	PROPIEDADES MECÁN					
MEZCLA	carga (ton)	f'C (kg/cm²)	%				
	28 1	DÍAS	76				
CONTROL	19.39	246.88	98.8%				
SF 4%	19.11	243.25	97.3%				
FA 10%	17.88	227.65	91.1%				
FA 20%	16.72	212.89	85.2%				
VA 5%	20.36	259.17	103.7%				
VA 10%	19.05	242.55	97.0%				

Rescatando algunos comentarios de la tabla anterior, es posible establecer certidumbre en que tanto el diseño, la elaboración de las mezclas y la obtención de los especímenes se hicieron de la manera correcta ya que se logró un valor muy cercano al objetivo planteado logrando un 98.8% con relación al f'C de proyecto.

La mezcla con adición de microsílice en un cuatro por ciento (SF4%) cumplió con el requisito y está dentro de los valores permisibles al tener 243.25 kg/cm², representado en porcentaje del 97.3%.

MIC

Hablando de las mezclas con adición de ceniza volante no se obtuvieron los resultados esperados, las mezclas FA10% y FA20% de las cuales la primera fue la que mejores resultados dio, con un 91.1% con respecto al valor de diseño, la bibliografía nos dice que la tendencia de estas mezclas es desarrollar resistencia mecánica en periodos largos, por lo que este resultado seguirá aumentando en los próximos meses, además por normativa se encuentra dentro de los valores requeridos, lo ideal sería realizar otra mezcla FA7.5, pero no fue posible debido a la pandemia generada por la enfermedad COVID-19.

Finalmente es importante comentar que en el caso específico de las mezclas con adición de ceniza volcánica ambas mezclas cumplen con lo solicitado por proyecto tanto la VA5% y VA10% están por encima del valor limite. Usaremos la que mayor cantidad de cemento sustituye, para efecto de potencializar el requerimiento ambiental.

Por otra parte, las propiedades durables que se tienen que evaluar son: resistividad eléctrica y migración de cloruros.

Nuevamente el plan de trabajo se vio interrumpido por la pandemia comentada párrafos arriba, pero se consiguió obtener valores de resistividad eléctrica de las muestras a los ocho meses de elaboradas las mezclas, se decidió utilizar los valores propios de este proyecto para darle mayor validez a los resultados. A sabiendas que normalmente los resultados los obtenemos en mucho menos tiempo.

Las pruebas de migración de cloruros no se lograron completar por falta de especímenes, estos valores se tomaron de la bibliografía sobre investigaciones con base a mezclas de concreto similares, muchas de ellas utilizan CPO o relaciones agua material cementante diferentes, pero para darle valor al indicador es válido, de igual forma se pudiera obtener por medio de puntuación, pero para este tipo de valores da mejores resultados apegarnos a otras investigaciones.

A continuación, en la Tabla 9, se exponen los resultados de resistencia y resistividad eléctrica apegándonos a los procedimientos descritos en la normativa. Los especímenes que se ensayaron pertenecen al mismo grupo de mezclas que se tenían para los ensayos mecánicos.

Tabla 9. Resultado de mezclas con adiciones minerales y mezcla de control, obteniendo propiedades durables.

f'C=	250 kg/cm ²	A/C= 0.62	
		PROPIEDADES DURA	BLES
MEZCLA	Resistencia (kOmh)	Resistividad (kOmh-cm)	Clasificación
18		MESES	
CONTROL 8	2.67	10.48	Moderada
meses	2.07	10.48	
SF 4% 8	2,612.50	10,259.29	Despreciable
meses	2,012.30	10,233.23	
FA 10% 8	1,849.30	7,262.20	Despreciable
meses	1,045.50	7,202.20	
FA 20% 8	1,365.40	5,361.93	Despreciable
meses	1,303.40	3,301.33	
VA 5% 28	3.57	14.01	Moderada
días	3.37	14.01	
VA 10% 28	2.84	11.16	Moderada
días	2.0 .	11.10	

Analizando la tabla anterior podemos notar que la que mejor resultados arroja es la mezcla SF4%, le siguen las mezclas VA10% y FA10% y al final la mezcla de control. El comportamiento de estos resultados se asocia un poco a lo visto en las propiedades mecánicas en cuanto a las mezclas con adiciones.

3.5.2. DESARROLLO DE INDICADORES.

En este apartado se desarrollarán los valores de los indicadores que se seleccionaron para analizar el modelo, tenemos que obtener un valor para cada alternativa. Algunos de ellos es posible obtenerlos de manera directa y concretamente, otros los tenemos que obtener de la bibliografía seleccionada y algunos más se pueden sacar en forma de puntuación.

3.5.2.1. COSTO DIRECTO.

El indicador costo directo forma parte del requerimiento económico, dicho valor se cuantificará con la unidad de medida pesos mexicanos (\$), para fines de esta investigación se tomó el presupuesto a costo directo, es decir: materiales, mano de obra, maquinaria, equipos y herramientas.

Se evaluará con una función valor tipo lineal decreciente, en otras palabras, a menor costo directo de la construcción el valor de satisfacción en el eje "y" será mayor. Y, por otro lado, al aumentar el valor del costo directo, la satisfacción tendera a disminuir. En la tabla 10 lograremos visualizar los valores de cada una de las cuatro alternativas.

INDICADOR		Xmín	1,700,000.00	Xmáx	2,000,000.00	
	UNIDAD	CANTIDAD DEL INDICADOR				
		CONTROL	SF 4%	FA 10%	VA 10%	
COSTO DIRECTO	\$	1,703,833.20	1,931,370.16	1,862,263.31	1,751,982.73	

Tabla 10. Valores del indicador "Costo directo" para las cuatro alternativas de MIVES.

Para lograr obtener los valores de este indicador fue necesario elaborar un presupuesto de obra (anexo 3) con cantidades cuantificadas del proyecto estructural (anexo 2), mismas que se separaron en conceptos de obra y que se le asigno un costo de acuerdo con un análisis de precios unitarios con apego a la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas y su Reglamento.



Figura 28. Grafica de valores del indicador "Costo directo" para las cuatro alternativas de MIVES.

3.5.2.2. COSTO POR MANTENIMIENTO.

Para el indicador en cuestión, lo tomaremos como un porcentaje con respecto al costo directo de la obra, dicho porcentaje variara dependiente de los resultados obtenidos con las propiedades durables, el lapso para el que se manejara se puede omitir mencionarlo, debido a que cada alternativa estaría en igualdad de condiciones y el puntaje obtenido no va a cambiar.

Se evaluará con una función valor tipo lineal decreciente, en otras palabras, a menor costo por mantenimiento de la construcción el valor de satisfacción en el eje "y" será mayor. Y, por otro lado, al aumentar el valor del costo directo, la satisfacción tendera a disminuir. En la tabla 11 lograremos visualizar los valores de cada una de las cuatro alternativas.

Tabla 11. Valores del indicador "Costo por mantenimiento" para las cuatro alternativas de MIVES.

INDICADOR	LINUDAD	Xmín	250,000.00	Xmáx	300,000.00
	UNIDAD	CANTIDAD DEL INDICADOR			
		CONTROL	SF 4%	FA 10%	VA 10%
COSTO POR MANTENIMIENTO	\$	255,574.98	193,137.02	186,226.33	262,797.41

Para la mezcla de control y la ceniza volcánica es propio considerar un porcentaje del 15% para costos por mantenimiento debido a que se lograron valores moderados en las pruebas durables. Para las dos alternativas que restan se manejara un 10%, ya que lograron mejores resultados en durabilidad.



Figura 29. Grafica de valores del indicador "Costo por mantenimiento" para las cuatro alternativas de MIVES.

3.5.2.3. DIFICULTAD PARA OBTENER MATERIALES.

El indicador que se presenta será evaluado por puntuación, destacando las cualidades o dificultades que tiene cada uno de los materiales propuestos como alternativas.

La mezcla de control no presenta ningún tipo de dificultad, ya que son materiales que se encuentran con gran facilidad en los mercados locales, el humo de sílice se comercializa en el mercado, pero presenta dificultad ya que se tiene que hacer sobre pedido y dependemos de la oferta que presente el proveedor. Hablando de la ceniza volante nos encontramos con que existen ciertos proveedores a nivel nacional, se tiene que hacer el pedido por grandes cantidades, la dificultad principal es la de la distancia y la gestoría que se debe de hacer con la dependencia que administran las carboeléctricas. Por último, para la ceniza volcánica no se cuenta con ningún tipo de comercialización, para obtenerla se debe de ir directamente al campo a conseguir muestras o realizar convenios con cribas cercanas para procesar el material, de igual forma la distancia presenta cierta dificultad.



Asignamos porcentajes con apego a AHP al jerarquizar las cualidades descritas en el párrafo anterior, los resultados se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Valores del indicador "Dificultad para obtener materiales" para las cuatro alternativas de MIVES.

INDICADOR	LIAUDAD	Xmín	-	Xmáx	100.00
	UNIDAD	CANTIDAD DEL INDICADOR			
		CONTROL	SF 4%	FA 10%	VA 10%
DIFICULTAD PARA OBTENER MATERIALES	%	0	20	40	60

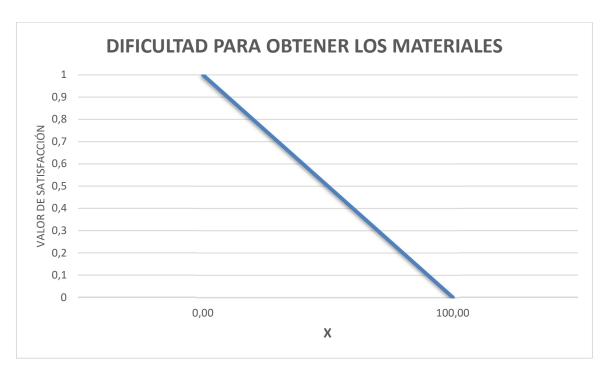


Figura 30. Grafica de valores del indicador "Dificultad para obtener materiales" para las cuatro alternativas de MIVES.

3.5.2.4. TIEMPO EN OBRA.

Para obtener información y asígnale valores a este indicador fue necesario realizar un programa de obra donde se agruparon todas las actividades necesarias para ejecutar la obra, tomando en cuenta programa de suministros, todo lo anterior con apego a la Ley de Obras

Públicas y Servicios Relacionadas con las Mismas y a su Reglamento. La unidad de medida será la de "día".

El tipo de grafica es lineal decreciente, para un menor tiempo de en obra mayor es la satisfacción y para tiempos más prolongados se tiene un valor de satisfacción menor.

Para la mezcla de control y la de microsilice, se analizó que no afecta la fecha de término, el microsilice pese a ser un material que se solicita sobre pedido, solamente se tarda una semana en suministrarse y no afecta con las fechas de las actividades críticas del programa de obra. No es así para la ceniza volante y ceniza volcánica, que para suministrarla es necesario una semana para conseguirla en sitio y otra semana para el transporte, lo anterior afecta y se nos desplaza una semana el programa de obra.

Tabla 13. Valores del indicador "Tiempo en obra" para las cuatro alternativas de MIVES.

INDICADOR	LINIDAD	Xmín	60.00	Xmáx	75.00	
	UNIDAD	CANTIDAD DEL INDICADOR				
		CONTROL	SF 4%	FA 10%	VA 10%	
TIEMPO EN OBRA	día	65	65	72	72	



Figura 31. Grafica de valores del indicador "Tiempo en obra" para las cuatro alternativas de MIVES.

3.5.2.5. TIEMPO PARA OBTENER MATERIALES.

Este indicador es semejante al anterior, pero es conveniente separarlo para analizar de una manera puntual el desfase de tiempo que se tiene para la obtención de cada material.

La grafica que se realizo es lineal y decreciente, a menor tiempo se otorga un mayor valor de satisfacción.

Se tiene que, para la mezcla de control, el tiempo para obtener los materiales es despreciable, para la micro sílice es necesario que trascurran 7 días para que proveedor consiga el material ya que se compra sobre pedido a la fábrica, la ceniza volante requiere 14 días en gestorías, tramites y trasporte del material, por último, la ceniza volcánica se requiere 14 días en identificar los bancos de material, mover el material para cribarlo y trasportarlo a la obra. En la table 14 se muestran los resultados expuestos.

Tabla 14. Valores del indicador "Tiempo para obtener materiales" para las cuatro alternativas de MIVES.

INDICADOR	LIAUDAD	Xmín	-	Xmáx	14.00	
	UNIDAD	CANTIDAD DEL INDICADOR				
		CONTROL	SF 4%	FA 10%	VA 10%	
TIEMPO PARA OBTENER LOS MATERIALES	día	0	7	14	14	

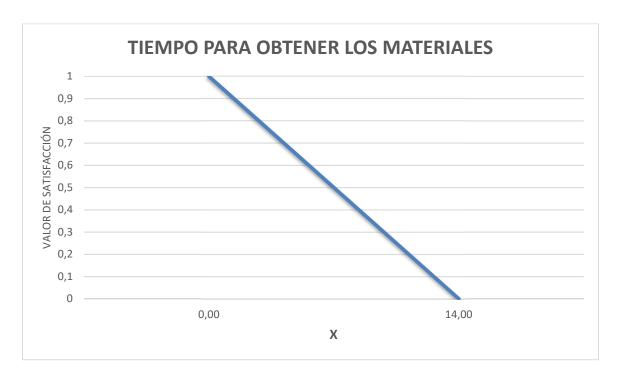


Figura 32. Grafica de valores del indicador "Tiempo para obtener materiales " para las cuatro alternativas de MIVES.

3.2.2.6. ADICIONES MINERALES.

Este indicador lo podemos definir como las toneladas de material que sustituye parcialmente al cemento del concreto, el resultado de cada alternativa se obtiene al realizar una explosión de insumos del presupuesto.

La grafica que se tiene es lineal creciente, se tiene un valor de satisfacción mayor cuando tenemos cantidades más elevadas de residuo añadido. En la tabla 15 se tiene cada uno de los resultados de las 4 alternativas que se analizan.

Tabla 15. Valores del indicador "Adiciones minerales" para las cuatro alternativas de MIVES.

INDICADOR		Xmín	1	Xmáx	11.00	
	UNIDAD	CANTIDAD DEL INDICADOR				
		CONTROL	SF 4%	FA 10%	VA 10%	
ADICIONES MINERALES	ton	0	4.25	10.62	10.62	



Figura 33. Grafica de valores del indicador "Adiciones minerales" para las cuatro alternativas de MIVES.

3.5.2.7. CEMENTO.

Aquí se presenta uno de los indicadores de mayor importancia, ya que la justificación de este documento gira alrededor de bajar el consumo de cemento, este indicador se mide en toneladas, el resultado sale directamente de la explosión de insumos del presupuesto.

Tenemos una gráfica lineal decreciente, donde se tiene un valor de satisfacción mayor cuando las toneladas utilizadas son menores. En la tabla 16 se muestran exactamente los valores de cada alternativa.

INDICADOR	UNIDAD	Xmín	90.00	Xmáx	105.00	
		CANTIDAD DEL INDICADOR				
		CONTROL	SF 4%	FA 10%	VA 10%	
CEMENTO	ton	106.25	102	95.62	95.62	

Tabla 16. Valores del indicador "Cemento" para las cuatro alternativas de MIVES.

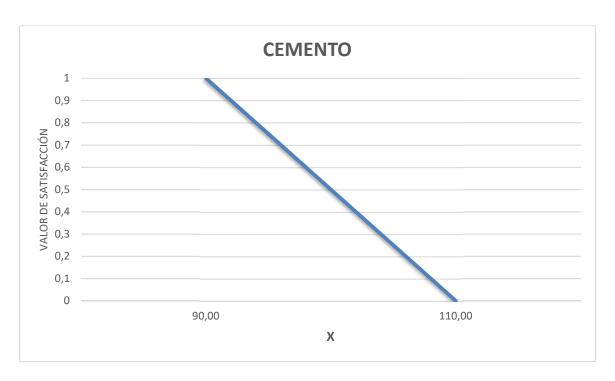


Figura 34. Grafica de valores del indicador "Cemento" para las cuatro alternativas de MIVES.

3.5.2.8. CANTIDAD DE CO₂.

La cantidad de CO₂ utiliza la unidad de medida de kg/m³, la obtención de los resultados medibles se dio gracias a la bibliografía, fue posible identificar la afectación que se tiene ambientalmente debido al cemento por m³ de concreto fabricado. De un estudio comparativo presentado en 1996 por Hakinen y Makela, logramos obtener la cantidad de CO₂ en una carretera de concreto hidráulico, haciendo las conversiones a m³, se puede utilizar esta estimación como válida, representada por la contaminación del cemento por m³ de concreto.

Se tiene una gráfica lineal decreciente, lo que significa que para obtener un valor de satisfacción alto es necesario tener una baja producción de CO₂, en la tabla 17 se aprecian los resultados obtenidos para este indicador ambiental.

INDICADOR		Xmín	280.00	Xmáx	350.00	
	UNIDAD	CANTIDAD DEL INDICADOR				
		CONTROL	SF 4%	FA 10%	VA 10%	
CANTIDAD DE CO ₂	kg/m³	326.66	313.59	293.99	293.99	

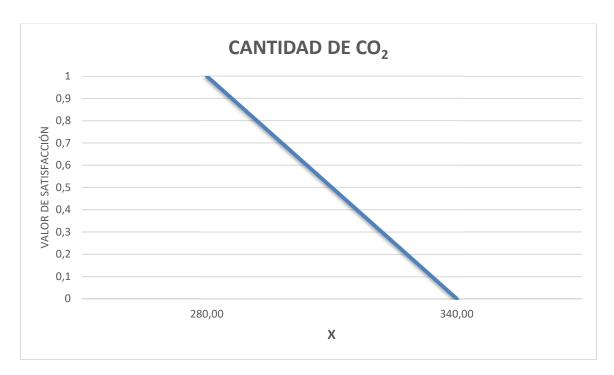


Figura 35. Grafica de valores del indicador "Cantidad de CO₂" para las cuatro alternativas de MIVES.

3.5.2.9. ENERGÍA CONSUMIDA.

La cantidad de energía consumida tiene por unidad de medida de GJoule/m³, la obtención de los resultados medibles se dio gracias a la bibliografía, fue posible identificar la afectación

que se tiene en el transporte del concreto. De un estudio comparativo presentado en 1996 por Hakinen y Makela, logramos obtener la cantidad de energía consumida para una carretera de concreto hidráulico, haciendo las conversiones a m³, se puede utilizar esta estimación como válida, representada por la energía necesaria del cemento por m³ de concreto.

Se tiene una gráfica lineal decreciente, lo que significa que para obtener un valor de satisfacción alto es necesario tener una baja producción de CO₂, en la tabla 18 se aprecian los resultados obtenidos para este indicador ambiental.

Tabla 18. Valores del indicador "Energía consumida" para las cuatro alternativas de MIVES.

INDICADOR		Xmín	3.50	Xmáx	4.00	
	UNIDAD	CANTIDAD DEL INDICADOR				
		CONTROL	SF 4%	FA 10%	VA 5%	
ENERGÍA CONSUMIDA	GJoule/m ³	3.82	3.67	3.44	3.44	

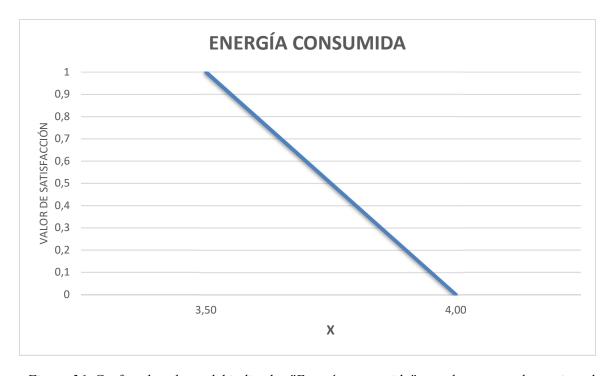


Figura 36. Grafica de valores del indicador "Energía consumida" para las cuatro alternativas de MIVES.

3.5.2.10. RESISTIVIDAD ELÉCTRICA.

Para este indicador fue necesario realizar pruebas de laboratorio con especímenes realizados con el concreto de cada alternativa y clasificar la resistividad eléctrica de acuerdo con las normas aplicables.

Tenemos una gráfica del tipo lineal creciente, un valor alto de resistividad eléctrica nos otorga un valor de satisfacción también alto.

Tabla 19. Valores del indicador "Resistividad eléctrica" para las cuatro alternativas de MIVES.

		Xmín	ı	Xmáx	100				
INDICADOR	UNIDAD	CANTIDAD DEL INDICADOR							
		CONTROL	SF 4%	FA 10%	VA 10%				
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA	clasificación	25	100	100	25				



Figura 37. Grafica de valores del indicador "Resistividad eléctrica" para las cuatro alternativas de MIVES.

3.5.2.11. MIGRACIÓN DE CLORUROS.

El indicador en cuestión fue posible obtenerlo con apego a la bibliografía, se revisaron diferentes tipos de artículos e información para obtener valores similares a los que se propusieron inicialmente. Resistencia a la compresión de 250 kg/cm2, tipo de cemento CPC y relación agua-material cementante de 0.62.

Tenemos una gráfica lineal decreciente, para datos menores de migración de cloruros se tienen valores de satisfacción más grandes.

Tabla 20. Valores del indicador "Migración de cloruros" para las cuatro alternativas de MIVES.

INDICADOR		Xmín	Xmín Xmáx 25.00							
INDICADOR	UNIDAD	CANTIDAD DEL INDICADOR								
		CONTROL	SF 4%	FA 10%	VA 10%					
MIGRACIÓN DE CLORUROS	m²/s	25	15	20	19					

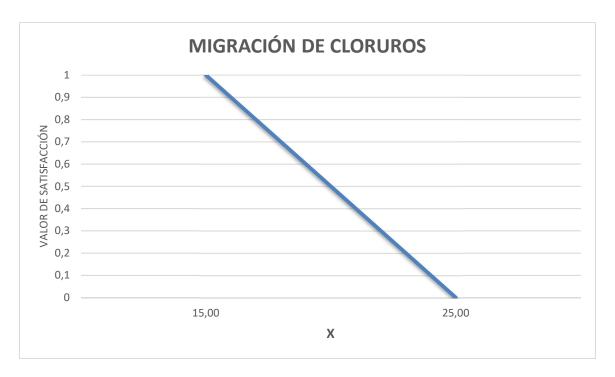


Figura 38. Grafica de valores del indicador "Migración de cloruros" para las cuatro alternativas de MIVES

3.5.2.12. APARIENCIA.

La apariencia es posible determinarla por puntuación, en apego a AHP podemos jerarquizar las alternativas con base a los resultados obtenidos en los indicadores durables y definir un comportamiento lógico.

Tenemos una gráfica lineal creciente, a mayor puntuación o porcentaje de apariencia tendremos un valor de satisfacción mayor. En la tabla 21 podemos observar los valores obtenidos.

Tabla 21. Valores del indicador "Apariencia" para las cuatro alternativas de MIVES.

INDICADOD		Xmín	Xmín - Xmáx 100.00							
INDICADOR	UNIDAD	CANTIDAD DEL INDICADOR								
		CONTROL	SF 4%	FA 10%	VA 5%					
APARIENCIA	%	75	95	85	80					

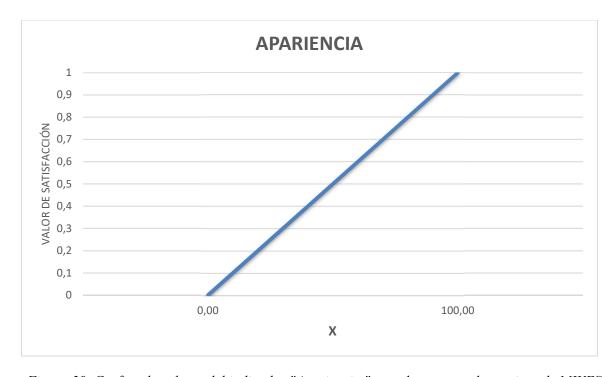


Figura 39. Grafica de valores del indicador "Apariencia" para las cuatro alternativas de MIVES.

3.5.2.13. VIDA ÚTIL.

La vida útil utiliza como unidad de medida a los años, mediante un análisis de predicción siguiendo la segunda ley de Fick podemos llegar a estimar los años que durara la estructura de concreto, tomando como variable la migración de cloruros, la exposición del clima, el espesor del recubrimiento, entre otros datos relevantes.

Tenemos una gráfica del tipo lineal creciente, a mayor vida útil se tienen valores de satisfacción mayores, en la tabla 22 se pueden observar los resultados.

Tabla 22. Valores del indicador "Vida útil" para las cuatro alternativas de MIVES.

INDICADOR	LINUDAD	Xmín	Xmín - Xmáx 100.00							
INDICADOR	UNIDAD	CANTIDAD DEL INDICADOR								
		CONTROL	SF 4%	FA 10%	VA 5%					
VIDA ÚTIL	años	30	50	40	50					

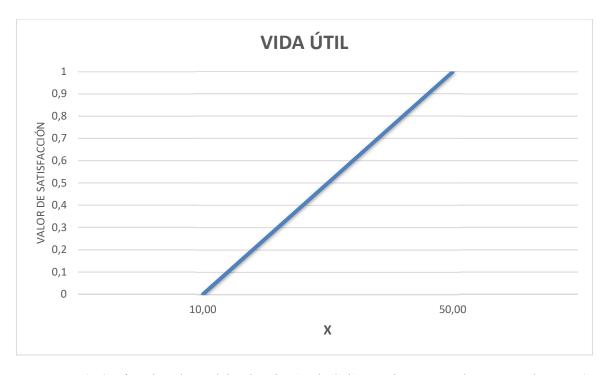


Figura 40. Grafica de valores del indicador "Vida útil" para las cuatro alternativas de MIVES.

3.5.3. NIVEL DE SOSTENIBILIDAD DE LAS ALTERNATIVAS.

Una vez que se establecieron los valores de los indicadores de cada alternativa, es posible con ayuda de la función valor y los índices de indicadores, criterios y requerimientos, encontrar el valor final de cada alternativa.

El acomodo de la información para llegar al nivel de sostenibilidad de cada alternativa sería el siguiente:

Basándose en que cada indicador cuanta con su unidad de medida y su cantidad, con ayuda de la función valor, podemos transformar la cantidad de los indicadores a un valor de satisfacción que va del 0 al 1, inclusive lo podemos representar como un porcentaje de 0% a 100%.

El segundo paso es encontrar el índice de valor de cada indicador, esto resulta del producto entre el valor de satisfacción y el peso o ponderación. La suma de este valor para cada indicador que compone un criterio se le conoce como el valor del criterio, que al multiplicarlo por su peso nos dará el índice de valor del criterio.

Finalmente llegaremos a tener el índice de valor los requerimientos y obtendremos el nivel de sostenibilidad.

En la tabla 23 tenemos la información de la alternativa 1: Muro de contención fabricado con concreto convencional.

En la tabla 24 tenemos la información de la alternativa 2: Muro de contención fabricado con concreto con adición de microsílice al 4%.

En la tabla 25 tenemos la información de la alternativa 3: Muro de contención fabricado con concreto con adición de ceniza volante al 10%.

En la tabla 26 tenemos la información de la alternativa 4: Muro de contención fabricado con concreto con adición de ceniza volcánica al 10%.

MIC

La primera alternativa con un concreto convencional alcanza un nivel de sostenibilidad del 43% quedando en cuarto lugar.

La segunda alternativa con un concreto con adición del 4% de micro sílice obtuvo un nivel de sostenibilidad del 46% quedando en tercer lugar.

La tercera alternativa con un concreto con adición del 10% de ceniza volante obtuvo un nivel de sostenibilidad del 53% quedando en segundo lugar.

La cuarta alternativa con un concreto con adición del 10% de ceniza volcánica obtuvo un nivel de sostenibilidad del 56% quedando en primer lugar como la mejor opción ante la problemática planteada, teniendo un mejor comportamiento en conjunto de los tres ejes fundamentales de la sostenibilidad.

Tabla 23. Nivel de sostenibilidad alternativa 1, concreto convencional.

					100 · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	ALTERNATIVA 1	. CONCRETO	CONVENCIO	DNAL					
SUMA	REQUERIMIENTO	INDICE DE VALOR REQUERIMIENTO	The second of the second of	SUMA	CRITERIO	INDICE DE VALOR CRITERIO	PESO CRITERIO	SUMA	INDICADOR	INDICE DE VALOR INDICADOR		VALOR DE SATISFACCIÓN	CANTIDAD DEL INDICADOR	UNIDAD
		*************							COSTO DIRECTO	64%	65,22%	99%	\$1.703.833,20	\$
					COSTO	66%	75%	88%	COSTO POR MANTENIMIENTO	2%	13,04%	16%	\$ 255.574,98	\$
	ECONOMICO	34%	40%	86%				00%	DIFICULTAD PARA OBTENER MATERIALES	22%	21,74%	100%	0	%
		100000				19%	25%	78%	TIEMPO EN OBRA	44%	66,67%	67%	65	día
									TIEMPO PARA OBTENER MATERIALES	33%	33,33%	100%	0	día
			40%	15%	MATERIALES	7%	75%	9%	ADICIONES MINERALES	0%	25,00%	0%	0	ton
					CEMENTANTES	/70	/370	976	CEMENTO	9%	50,00%	19%	106,25	ton
43%	AMBIENTAL	6%			PRODUCCIÓN DEL			32%	CANTIDAD DE CO ₂	17%	50,00%	33%	326,66	kg/m ³
					CEMENTO Y TRASPORTACIÓN DEL CONCRETO	8%	25%		ENERGIA CONSUMIDA	15%	50,00%	30%	3,82	Gjoule/m ³
			0	98	BUBABUIDAB	***	00.570/	400/	RESISTIVIDAD ELÉCTRICA	13%	50,00%	25%	25	%
	SOCIAL	3%	20%	15%	DURABILIDAD	4%	28,57%	13%	MIGRACIÓN DE CLORUROS	0%	50,00%	0%	25	m ² /s
	SOCIAL	3%	20%	13%	ESTÉTICA	5%	14,29%	38%	APARIENCIA	38%	50,00%	75%	75	%
					SEGURIDAD	6%	57,14%	10%	VIDA ÚTIL	10%	100,00%	10%	30	años
NIVEL 3						NIVEL 2					NIVEL 1			

Tabla 24. Nivel de sostenibilidad alternativa 2, concreto con microsilice.

	ALTERNATIVA 2. CONCRETO CON ADICIÓN DE MICROSÍLICE AL 4%													
SUMA	REQUERIMIENTO	INDICE DE VALOR REQUERIMIENTO	PESO REQUERIMIENTO	SUMA	CRITERIO INDICE DE VALOR PESO CRITERIO CRITERIO SUMA		INDICADOR	INDICE DE VALOR INDICADOR	PESO DEL INDICADOR	VALOR DE SATISFACCIÓN	CANTIDAD DEL INDICADOR	UNIDAD		
									COSTO DIRECTO	15%	65,22%	23%	\$1.931.370,16	\$
					COSTO	33%	75%	43%	COSTO POR MANTENIMIENTO	11%	13,04%	85%	\$ 193.137,02	\$
	ECONOMICO	19%	40%	48%	cosio	55%	7376	45/6	DIFICULTAD PARA OBTENER MATERIALES	17%	21,74%	80%	20	%
		W-00-22				15%	25%		TIEMPO EN OBRA	44%	66,67%	67%	65	día
					TIEMPO			61%	TIEMPO PARA OBTENER MATERIALES	17%	33,33%	50%	7	día
	S		40%	40% 36%	MATERIALES	22%	75%	30%	ADICIONES MINERALES	10%	25,00%	39%	4,25	ton
46%					CEMENTANTES	S 2270	7.570	30%	CEMENTO	20%	50,00%	40%	102	ton
40%	AMBIENTAL	14%			PRODUCCIÓN DEL CEMENTO Y	953774	25%	54%	CANTIDAD DE CO ₂	26%	50,00%	52%	313,59	kg/m³
		J.	0.00		TRASPORTACIÓN DEL CONCRETO	ÓN 13%			ENERGIA CONSUMIDA	28%	50,00%	55%	3,67	Gjoule/m ³
					DURABILIDAD	29%	20 570/	100%	RESISTIVIDAD ELÉCTRICA	50%	50,00%	100%	100	%
	SOCIAL	13%	20%	64%	DUKABILIDAD	29%	28,57%	100%	MIGRACIÓN DE CLORUROS	50%	50,00%	100%	15	m ² /s
	SOCIAL	15%	20%	04%	ESTÉTICA	7%	14,29%	48%	APARIENCIA	48%	50,00%	95%	95	%
		75			SEGURIDAD	29%	57,14%	50%	VIDA ÚTIL	50%	100,00%	50%	50	años
	NIVEL 3				NIVEL 2				NIVEL 1					

Tabla 25. Nivel de sostenibilidad alternativa 3, concreto con ceniza volante.

	ALTERNATIVA 3. CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE AL 10%													
SUMA	REQUERIMIENTO	INDICE DE VALOR REQUERIMIENTO		SUMA	CRITERIO	CRITERIO INDICE DE VALOR PESO CRITERIO SUMA				INDICE DE VALOR INDICADOR		VALOR DE SATISFACCIÓN	CANTIDAD DEL INDICADOR	UNIDAD
		`							COSTO DIRECTO	30%	65,22%	46%	\$1.862.263,31	\$
					COSTO	41%	75%	55%	COSTO POR MANTENIMIENTO	12%	13,04%	93%	\$ 186.226,33	\$
	ECONOMICO	18%	40%	45%	COSTO		73%	33%	DIFICULTAD PARA OBTENER MATERIALES	13%	21,74%	60%	40	%
					TIEMPO	3%	25%	13%	TIEMPO EN OBRA	13%	66,67%	20%	72	día
									TIEMPO PARA OBTENER MATERIALES	0%	33,33%	0%	14	día
			40%	40% 67%	MATERIALES CEMENTANTES	ANTES 45%	75%	60%	ADICIONES MINERALES	24%	25,00%	97%	10,62	ton
53%									CEMENTO	36%	50,00%	72%	95,62	ton
3376	AMBIENTAL	27%			PRODUCCIÓN DEL CEMENTO Y	22%			CANTIDAD DE CO ₂	40%	50,00%	80%	293,99	kg/m ³
					TRASPORTACIÓN DEL CONCRETO	22%	25%	87%	ENERGIA CONSUMIDA	47%	50,00%	93%	3,44	Gjoule/m ³
					DUDADUIDAD	240/	00.570/	750/	RESISTIVIDAD ELÉCTRICA	50%	50,00%	100%	100	%
	cociai	9%	200/	45%	DURABILIDAD	21%	28,57%	75%	MIGRACIÓN DE CLORUROS	25%	50,00%	50%	20	m ² /s
	SOCIAL	9%	20%	45%	ESTÉTICA	6%	14,29%	43%	APARIENCIA	43%	50,00%	85%	85	%
					SEGURIDAD	17%	57,14%	30%	VIDA ÚTIL	30%	100,00%	30%	40	años
NIVEL 3				NIVEL 2				NIVEL 1						

Tabla 26. Nivel de sostenibilidad alternativa 4, concreto con ceniza volcánica.

	ALTERNATIVA 4. CONCRETO CON ADICIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA AL 10%													
SUMA	REQUERIMIENTO	INDICE DE VALOR REQUERIMIENTO	PESO REQUERIMIENTO	SUMA	CRITERIO	INDICE DE VALOR CRITERIO	PESO CRITERIO	SUMA	INDICADOR	INDICE DE VALOR INDICADOR	PESO DEL INDICADOR	VALOR DE SATISFACCIÓN	CANTIDAD DEL INDICADOR	UNIDAD
				*					COSTO DIRECTO	54%	65,22%	83%	\$1.751.982,73	\$
					COSTO	48% 3%	75%	64%	COSTO POR MANTENIMIENTO	1%	13,04%	8%	\$ 262.797,41	\$
	ECONOMICO	20%	40%	51%	00310		73%	04/6	DIFICULTAD PARA OBTENER MATERIALES	9%	21,74%	40%	60	%
					TIEMPO		25%		TIEMPO EN OBRA	13%	66,67%	20%	72	día
								13%	TIEMPO PARA OBTENER MATERIALES	0%	33,33%	0%	14	día
		27%	\$7		MATERIALES	45%	75%	60%	ADICIONES MINERALES	24%	25,00%	97%	10,62	ton
			27% 40%	67%	CEMENTANTES	4376	/ 376	00%	CEMENTO	36%	50,00%	72%	95,62	ton
56%	AMBIENTAL				PRODUCCIÓN DEL CEMENTO Y	Y IÓN 22%	25%		CANTIDAD DE CO ₂	40%	50,00%	80%	293,99	kg/m ³
					TRASPORTACIÓN DEL CONCRETO		25%	87%	ENERGIA CONSUMIDA	47%	50,00%	93%	3,44	Gjoule/m ³
	The state of the s				DUDADUUDAD	400/	20 570	4000	RESISTIVIDAD ELÉCTRICA	13%	50,00%	25%	25	%
	COCIAL	9%	20%	46%	DURABILIDAD	12%	28,57%	43%	MIGRACIÓN DE CLORUROS	30%	50,00%	60%	19	m ² /s
	SOCIAL	9%	20%	40%	ESTÉTICA	6%	14,29%	40%	APARIENCIA	40%	50,00%	80%	80	%
					SEGURIDAD	29%	57,14%	50%	VIDA ÚTIL	50%	100,00%	50%	50	años
NIVEL 3						NIVEL 2					NIVEL 1			

.IV. ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN.

4.1 PLAN DE ACCIÓN

Con la finalidad de que esta información sea de libre consulta, se realizó un manual que es sencillo de comprender para las personas interesadas. El cual contiene una breve introducción de mezclas de concreto con adiciones minerales, dosificaciones de mezclas y resultados obtenido utilizando adiciones minerales con CPC (encontrado fácilmente en la región). Además, una explicación a detalle de la metodología MIVES para toma de decisiones enfocadas al sector construcción.

Por lo tanto, el usuario podrá apoyarse en la información y tomar de ejemplo el resultado de esta investigación. Y así lograr analizar desde el punto de vista de la sostenibilidad la problemática que se presente en sus proyectos y elegir la mejor alternativa de su proyecto u obra.

En este mismo documento se tiene un listado de indicadores de donde el consultor podrá seleccionar los que por la naturaleza de su proyecto más le convenga. Tomando en cuenta lo indicado en el MANUAL MIVES sobre las características de los indicadores para que estos sean transcendentales para el resultado.

Como punto final, arquitecto, ingenieros y/o constructores tendrán a su alcance dosificaciones donde se involucren adiciones minerales y conocerán una nueva metodología para enfrentar la problemática ambiental, social y económica que enfrentan las empresas en el sector público y privado de la construcción.

Es importante que para que este tipo de análisis se realicen tienen que ser parte de la legislación vigente y que sea un requisito formal para quienes tengan la necesidad de construir y así tener la certeza de que las construcciones tengan un buen nivel de sostenibilidad.

4.2 ESTRATEGIAS USADAS PARA PRESENTAR Y PERSUADIR A LOS INVOLUCRADOS EN EL PROYECTO.

Se enviará el documento a los institutos de mayor interés en el ramo de la construcción a nivel regional, tal es el caso del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCyC) Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), Colegios de Ingenieros y Colegios de Arquitectos.

Lo anterior para darle difusión y que la información sea bien utilizada. Ya que normalmente no es muy común que los constructores utilicen adiciones minerales para favorecer las propiedades durables de los concretos o para aminorar el daño al medio ambiente.

Sera clave darle buen entendimiento a la metodología MIVES aplicada al sector construcción ya que esta herramienta es muy útil en la administración de proyectos. Ya que las personas que dirigen las empresas deben de tener respaldo y justificar de la mejor manera las decisiones que se toman.

Una estrategia será el buscar los medios y recursos para proponer una implementación del análisis de sostenibilidad en estructuras de concreto mediante MIVES en la legislación vigente para que se construya de manera sostenible en la región.

V. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO.

5.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

A continuación, se presenta el cronograma con las cinco principales actividades necesarias para la correcta implementación del plan de acción de este proyecto de intervención, mismas que están distribuidas en orden cronológico y de forma ordenada a lo largo de nueve semanas de trabajo.

Tabla 27. Cronograma de actividad para plan de acción.

CRONOGRAMA DE A	CTIVIE	DADES	PARA	PLAN	DE AC	CIÓN.			
ACTIVIDAD	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM	SEM
ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9
PROGRAMAR VISITAS A INTITUCIONES									
PÚBLICAS Y PRIVADAS.									
REALIZAR LAS VISITAS A									
INSTITUCIONES PÚBLICAS Y PRIVADAS.									
DIFUNDIR Y ADECUAR EL MANUAL DE									
IMPLEMENTACION EN CADA									
INSTITUCION.									
PARTICIPAR EN CONFERENCIAS Y									
PUBLICAR INFORMACIÓN.									
DIFUSIÓN DE MANUAL CON									
PROPUESTA DE IMPLEMENTACION									
HACIA LA LEGISLACIÓN.									

5.2 RECURSOS.

A continuación, se presenta el recurso necesario para realizar las principales actividades para la correcta implementación del plan de acción.

Tabla 28. Presupuesto para actividades de plan de acción.

PRESUPUESTO DE ACTIVIDADES PARA PLAN DE ACCIÓN.									
ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL					
PROGRAMAR VISITAS A INTITUCIONES PÚBLICAS Y PRIVADAS.	LOTE	1	\$1,500.00	\$1,500.00					
REALIZAR LAS VISITAS A INSTITUCIONES PÚBLICAS Y PRIVADAS.	VISITA	3	\$1,000.00	\$3,000.00					
DIFUNDIR Y ADECUAR EL MANUAL DE IMPLEMENTACION EN CADA INSTITUCION.	SERVICIO	3	\$500.00	\$1,500.00					
PARTICIPAR EN CONFERENCIAS Y PUBLICAR INFORMACIÓN.	VISITA	3	\$2,500.00	\$7,500.00					
DIFUSIÓN DE MANUAL CON PROPUESTA DE IMPLEMENTACION HACIA LA LEGISLACIÓN.	SERVICIO	3	\$500.00	\$1,500.00					
			TOTAL=	\$15,000.00					

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. CONCLUSIONES.

El objetivo principal que se planteó al inicio de este proyecto era el de encontrar el nivel de sostenibilidad de cada una de las cuatro alternativas que se plantearon, siguiendo una metodología establecida bajo el marco del desarrollo sostenible, de acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que los objetivos fueron desarrollados en su totalidad, a continuación, se enlistan una seria de conclusiones específicas.

- Las dosificaciones planteadas de manera inicial lograron obtener resultados satisfactorios para ser usados como alternativas del proyecto, al cumplir con los 250 kg/cm² que solicita el proyecto estructural.
- Se puede sustituir un 10% de ceniza volante y volcánica a las mezclas de control sin afectar el desarrollo de la resistencia del concreto, la adición abona resistencia con las reacciones puzolánicas, además que funge como relleno de vacíos.
- Todas las mezclas presentaron mejores resultados con respecto a la mezcla de control
 en términos de propiedades durables, demostrando que las adiciones minerales
 mejoran la microestructura del concreto.
- La metodología MIVES resulta ser una herramienta útil y confiable para resolver problemas de sostenibilidad en estructuras de concreto reales para la selección de materiales.
- Para la jerarquización de alternativas resulta ser muy importante y útil utilizar AHP para unificar criterios entre cualidades y llegar a un resultado cuantificable.
- Los indicadores seleccionados cumplen con las características de pide el MANUAL
 MIVES, 2009, nos muestran información clara y confiable.

MIC

- La alternativa donde se utiliza ceniza volcánica es la mejor valorada, obtuvo mejores resultados en conjunto para cada uno de los tres ejes fundamentales del desarrollo sostenible.
- La alternativa donde se utiliza la mezcla de control es la que mejor puntuación obtuvo en el requerimiento económico, debido a que es la opción más económica, cuyos materiales son fáciles de conseguir y el programa de obra no se afecta por temas de suministros.
- En temas ambientales la alternativa con ceniza volante y ceniza volcánica, muestran los mejores resultados, debido a que presentan un porcentaje mayor de sustitución de cementante.
- Socialmente, la alternativa que presenta mejores resultados es la que utiliza microsilice, en cuestiones de durabilidad arroja buenos resultados y en vida útil presenta un tiempo muy aceptable.

6.2. RECOMENDACIONES.

Es importante mencionar que se obtendrán mejores resultados al realizar una mayor numero de pruebas de laboratorio, fabricar un mayor número de especímenes de concreto, para que los resultados mecánicos y durables tengan mayor certeza.

Se recomienda en gran medida hacer variar los porcentajes de adición para obtener dosificaciones eficientes, importante hacer énfasis que entre mayor sea el porcentaje de sustitución, mejores resultados ambientales se tendrán.

Se recomienda no excederse en el número de indicadores que se desarrollarán, debido a que incorporar en el árbol de requerimientos, indicadores que no nos den mucha información podrán discernir los resultados finales.

MIC

Se aconseja tomar de la bibliografía los datos de resultados de indicadores o para pruebas de laboratorio, solo cuando por cuestiones de causa mayor no sea posible realizar las pruebas de laboratorio o cuando sea muy difícil obtener los resultados propios.

Se recomienda para este tipo de proyectos de intervención seleccionar los materiales propios de la región, en este caso dieron se seleccionó el tipo de cemento CPC al ser el más fácil de conseguir para el constructor, de igual forma la alternativa de ceniza volcánica obtuvo puntos por la cercanía del sitio de recolección, hablando geográficamente.

REFERENCIAS DOCUMENTALES Y BIBLIOGRAFÍA

COMPLEMENTARÍA.

Alarcón, D. (2005). Modelo Integrado de Valor para Estructuras Sostenibles. (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España.

Aghaeipour, A., & Madhkhan, M. (2017). Effect of ground granulated blast furnace slag (GGBFS) on RCCP durability. Construction and Building Materials, 141, 533-541. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.03.019.

Brundtland (1987). Report of the World Commission on Environment and Development, General Assembly Resolution 42/187, 11 December 1987. Retrieved: 2007-11-14.

Contrafatto, L. (2017). Recycled Etna volcanic ash for cement, mortar and concrete manufacturing. Construction and Building Materials, 151, 704-713. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.06.125.

González-Ortega, M. A., Cavalaro, S. H. P., Rodríguez de Sensale, G., & Aguado, A. (2019). Durability of concrete with electric arc furnace slag aggregate. Construction and Building Materials, 217, 543-556. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.05.082.

Hefni, Y., Zaher, Y. A. E., & Wahab, M. A. (2018). Influence of activation of fly ash on the mechanical properties of concrete. Construction and Building Materials, 172, 728-734. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.04.021.

Li, L. G., Zheng, J. Y., Zhu, J., & Kwan, A. K. H. (2018). Combined usage of micro-silica and nano-silica in concrete: SP demand, cementing efficiencies and synergistic effect. Construction and Building Materials, 168, 622-632. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.02.181.

Massana, J., Reyes, E., Bernal, J., León, N., & Sánchez-Espinosa, E. (2018). Influence of nano- and micro-silica additions on the durability of a high-performance self-compacting concrete. Construction and Building Materials, 165, 93-103. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.12.100.

Robayo-Salazar, R., Mejía-Arcila, J., Mejía de Gutiérrez, R., & Martínez, E. (2018). Life cycle assessment (LCA) of an alkali-activated binary concrete based on natural volcanic pozzolan: A

comparative analysis to OPC concrete. Construction and Building Materials, 176, 103-111. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.05.017

Saaty, T. (1980). AHP: The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill.

Siddique, R. (2011). Utilization of silica fume in concrete: Review of hardened properties. Resources, Conservation and Recycling, 55(11), 923-932. doi: 10.1016/j.resconrec.2011.06.012

Villegas, N. (2009). Análisis de Valor en la Toma de Decisiones Aplicado a Carreteras. (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España

Villegas.N., y Parapinski. A. (2013). Análisis de Indicadores para Determinar el Grado de Sostenibilidad en Concretos Especiales.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis y diseño estructural.

Аре	ell.										
Feci	ha										
Аре	ell.										
Feci	ha										
Аре	ell.										
Feci	ha										
Аре	ell. IGZ001	THE	MBC005	AND	IGZ001 MBC005		Emisión Original				
Feci	ha 29-01-18	00	30-01-18	gr	30-01-18						
No.	ELABORÓ	FIRMA	REVISÓ	HRMA	APROBÓ	FIRMA	MODIFICACIONES	ESTAT.			
LIOTA DE	DISTRIBUCION						1 copia				
LISTADE	DISTRIBUCION						1 copia				
IPEC / CIE INGENIERÍA DE PROYECTOS, ESTRUCTURAS Y CONSTRUCCIÓN / CONSULTORÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL IPEC / CIE – INGENIERÍA											
			MEMOR	IA DE	CÁLCUI	LO					
PROYECTO: CONJUNTO:	WORO	DE CONTENC	IÓN								
TÍTULO:	MURO	LO ESTRUCT	URAL								
						- 72					
	TIFICACIÓN	IPEC	C-CIE-ING-P	PR-MIA-E	U-MC-001		Núm. Pág. 32 (Se incluye esta pá				





CONSULTORÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL

ÍNDICE

1.	. INTRODUCCIÓN	4
2.	. OBJETIVO	4
	SISTEMA DE UNIDADES.	
	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA	
5.66	4.1. Materiales.	
5	CONDICIONES DE FRONTERA	
	ANÁLISIS ESTRUCTURAL	
٠.	6.1. ANÁLISIS DE CARGA	
	5.1.1. Carga de diseño	
	5.1.2. Condiciones de carga	
7	DISEÑO ESTRUCTURAL	
٠.	7.1. Estado límite de seguridad o estado límite de falla	
٥	CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES.	
	REFERENCIAS.	
	0. ANEXO A. ANALISIS DE ESTABILIDAD.	
	1. ANEXO B. ANALISIS ESTRUCTURAL.	
	2. ANEXO C. DISEÑO ESTRUCTURAL.	
13	3. ANEXO D. ESQUEMAS DE DISEÑO ESTRUCTURAL	3′





CONSULTORÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Sección transversal del muro de contención	(
FIGURA 2. Vista isométrica de un tramo del muro de contención	(
FIGURA 3. Modelo geométrico para analizar las fuerzas en la estructura	25
FIGURA 4. Estado de deformaciones en los elementos estructurales (mm).	25
FIGURA 5. Diagrama de flexiones. Envolvente, dirección M11 (KN-m)	26
FIGURA 6. Diagrama de flexiones. Envolvente, dirección M22 (KN-m)	26
FIGURA 7. Diagrama de cortantes. Envolvente, dirección V13 (KN)	27
FIGURA 8. Diagrama de cortantes. Envolvente, dirección V23 (KN)	27
FIGURA 9. Geometría de la sección transversal del muro	3′
FIGURA 10. Detalle de juntas.	3'
FIGURA 11. Refuerzo estructural de la sección del muro	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades mecánicas de los materiales estructurales	j
Tabla 2. Cargas de diseño	7





CONSULTORÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL

1. INTRODUCCIÓN.

En el presente documento se describen los criterios y cálculos desarrollados para el diseño estructural de un muro de contención de concreto reforzado, solicitado por la Ing. Aideé Padilla, como parte de los trabajos de construcción necesarios para retener un relleno que presenta un desnivel aproximado de 5.50m de altura. La estructura se ubica en el área de "Cerritos", rumbo a la salida norte de la ciudad de Mazatlán, Sinaloa. Para la requisición del servicio, se contrataron los servicios profesionales de la empresa "Consultoría en Ingeniería Estructural" (CIE), quien procedió con la elaboración de los cálculos y esquemas estructurales para la aplicación de dicho proyecto.

2. OBJETIVO.

Establecer los criterios de diseño a seguir, en apego al marco normativo requerido para revisar la estabilidad y obtener el diseño estructural de un muro de concreto, tipo "Cantilever" para contener un relleno con altura aproximada de 5.50m, ubicado en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa.

3. SISTEMA DE UNIDADES.

En la presente memoria de cálculo se empleará el sistema M, K, S, de unidades el cual expresa las medidas, utilizando como base el metro, kilogramo y segundo para los cálculos necesarios. En los casos donde se requiera utilizar otras unidades, éstas serán indicadas en el contenido del documento.

4. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.

El sistema estructural propuesto para lograr la retención de un relleno con altura aproximada de 5.50m, se conforma por un elemento vertical que cumplirá la función de retener el material en el sitio; y requiere de una zapata corrida en todo el eje longitudinal de la estructura, como base de fundación de la misma. Al mismo tiempo, la zapata cumple funciones imprescindibles, para lograr la estabilidad global del sistema estructural, analizando su comportamiento como un cuerpo rígido.

Los elementos estructurales se diseñarán en concreto reforzado con varillas de acero corrugado. Se estima que el muro se proyectará a lo largo de un eje recto longitudinal de 85m, aproximadamente. La estructura del muro contendrá juntas de distinta clasificación, tales como: juntas de dilatación, juntas de contracción y juntas de construcción. El objetivo de éstas es mejorar desempeño estructural y mitigar en lo mayor posible el surgimiento de fisuración, debido a los cambios volumétricos que por naturaleza desarrolla el concreto durante su fraguado y demás efectos dependientes del proceso de disipación de calor por el cual transita.



CONSULTORÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL

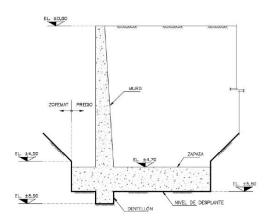


FIGURA 1. Sección transversal del muro de contención.

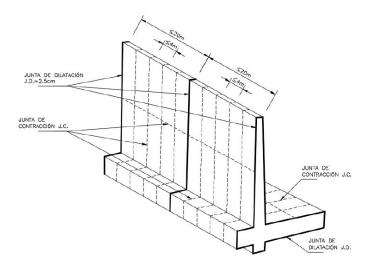


FIGURA 2. Vista isométrica de un tramo del muro de contención



CONSULTORÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL

4.1. Materiales.

Tabla 1. Propiedades mecánicas de los materiales estructurales.

MATERIAL	PESO VOLUMÉTRICO kg/m³	RESISTENCIA kg/cm²	MÓDULO ELÁSTICO Kg/cm²	MÓDULO DE POISSON
CONCRETO	2,400	250	238, 751	0,20
ACERO Gr42	7,850	4,200	2,100,000	0,30

5. CONDICIONES DE FRONTERA

Las condiciones de frontera de un sistema estructural, se encuentran asociadas a los límites de la estructura. Para el caso de la estructura del muro de contención, las condiciones de frontera se definen justo en la interfase de la cimentación con el cuerpo de misma. El estudio de mecánica de suelos, proporcionado por el cliente, contiene recomendaciones para el desplante de la estructura en el sitio. En el contenido de dicha información, se menciona ejecutar una excavación de un metro más allá de la línea de desplante para garantizar el empotramiento del muro de concreto. De acuerdo con dicho estudio, se consideró una capacidad de carga del estrato de desplante de 45ton/m2, misma que con la cual, se realizó la revisión de los esfuerzos de contacto en la base del muro de contención.

6. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

6.1. ANÁLISIS DE CARGA

Las cargas son las acciones que siendo externas o inherentes a la estructura y/o a su funcionamiento, pueden provocar que ésta alcance o sobrepase un estado límite. Estas acciones se presentan usualmente en sistemas de cargas y/o de deformaciones; por lo que en el diseño estructural deberá considerarse el efecto combinado de todas las acciones que tengan probabilidad no despreciable de ocurrir simultáneamente. (CFE-MDOC-C1.2, 1981). En el caso del muro de contención, se definió de manera general el siguiente grupo de cargas: verticales, laterales y accidentales. En el caso de las cargas verticales, se definen como las cargas que dependen del peso propio de la estructura y demás cargas muertas existentes actuando en sentido vertical; la carga lateral, es la que se relaciona con los empujes que tienden a desestabilizar la estructura; y las cargas accidentales, son aquellos que provienen de eventos extraordinarios como un sismo o huracán.



CONSULTORÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL

5.1.1. Carga de diseño

Atendiendo a las normativas y al análisis de carga, se obtuvieron los siguientes resultados:

Peso Propio (P.P.): Para el cálculo del peso propio de los elementos que conforman el cuerpo del muro de retención, se tomó en cuenta el peso por unidad de volumen del concreto por utilizar y sus dimensiones geométricas.

Empuje Activo (E.A.): Corresponde al empuje ejercido por el cuerpo del relleno sobre el muro de contención, cuando la estructura del muro experimenta deformaciones.

Empuje pasivo (E.P.): Corresponde al empuje ejercido sobre el muro cuando éste último reacciona en contra.

Peso Muerto del Relleno (P.R.): Este peso es la acción del cuerpo del terraplén que estará en contacto con la zapa

Empuje hidrostático (E.H.): Son las presiones hidrostáticas que genera la existencia de agua en el relleno. La determinación de dicho valor, se obtuvo por medio de la altura y el peso volumétrico del agua que ejerce la acción.

Supresión (S): Se refiere a la presión que ejerce la presencia de agua en el estrato de desplante, en la base de la zapata del muro de contención.

Sismo en el muro (Sx): Es el cortante basal que se genera por la inercia de la estructura, su peso y el coeficiente sísmico actuando sobre la estructura del muro de contención.

Sismo en el relleno (Sr): Es el efecto de las aceleraciones sísmicas que ejerce acción sobre la estructura del muro de contención.

Sismo en el agua (Sa): Es el efecto de la fuerza sísmica, que ejerce acción sobre la estructura del muro.

Carga Accidental por viento: El análisis de viento atiende al reglamento de CFE, como importancia dentro del grupo B, con clasificación del Tipo 1.

Tabla 2. Cargas de diseño

TIPO DE CARGA	Nomenclatura	TIPO DE CARGA	Nomenclatura	TIPO DE CARGA	Nomenclatura
Peso Propio	P.P.	PESO MUERTO RELLENO	P.P.	Sismo	Sx
Empuje activo	E.A.	EMPUJE HIDROSTÁTICO	E.H.	Sismo en el relleno	Sr
Empuje pasivo	E.P.	SUBPRESIÓN	S.	Sismo en el agua	Sa





CONSULTORÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL

5.1.2. Condiciones de carga

La estructura se somete a diferentes condiciones de carga. El proyecto para la definición de esos casos y combinaciones serán las disposiciones del (ASCE/SEI 7-05, 2006) vigente, el cual establece los requisitos para construir las combinaciones de carga que se analizarán.

- 1. 1.4(PP + PR') + 1.6(EA + PH + S)
- 2. 1.2(PP + PR') + 1.6(E + PH + S)
- 3. 1.2(PP + PR') + 1.6(EA PH S) + (Sx + Sr + Sa)
- 4. 0.9(PP + PR') + 1.6(EA + PH + S) + Sx + Sr + Sa

Antes de realizar el análisis estructural del muro de contención, se revisó la estabilidad del mismo, considerando su comportamiento como una estructura de cuerpo rígido. Se revisaron 5 posibles escenarios a los cuales se espera esté sometido el muro, durante su vida útil: escenario inusual de construcción, extremo de construcción, usual de operación, inusual de operación y extremo de operación. En el apartado de anexos de esta memoria de cálculo, se presenta el correspondiente a la información referente a la revisión por estabilidad de la estructura, considerando el criterio de deformaciones planas como criterio de análisis para desarrollar la revisión. La revisión se realizó atendiendo los criterios establecidos en el manual del Cuerpo de la Armada de los Estados Unidos, para realizar la estabilidad de estructuras de concreto (USACE)

7. DISEÑO ESTRUCTURAL.

El diseño es un proceso creativo mediante el cual se definen las características de un sistema, de manera que satisfaga las necesidades para las que fue concebido, de forma óptima y en apego a la normativa establecida vigente. El objetivo de un sistema estructural es resistir las fuerzas a las que será sometido, producto del análisis estructural se determinarán las características geométricas y materiales de sus elementos que lo constituirán cumpliendo requisitos de seguridad y de servicio.

7.1. Estado límite de seguridad o estado límite de falla.

El estado límite de seguridad corresponde al agotamiento definitivo de la estructura, o de cualquiera de sus elementos; o bien, al estado en que, debido a los efectos de acciones pasadas, la capacidad de la estructura, sin estar agotada, no es suficiente para tolerar los efectos de acciones futuras.





CONSULTORÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL

Cuando la estructura, elemento o sección considerada, no tenga agotamiento de su capacidad de carga y ésta se mantenga, pero se encuentre en un estado de deformaciones tales que se incumpla el propósito para el que se ha diseñado, se considerará que el estado límite de seguridad ha sido rebasado por una falla dúctil. Por otra parte, un estado límite correspondiente a la falla frágil se dará cuando al ser éste alcanzado, se reduce bruscamente la capacidad de carga de la estructura, elemento o sección considerada.

8. CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES.

- ✓ El alcance de esta memoria de cálculo es meramente el diseño estructural del muro de contención de concreto reforzado. El diseño y revisión de los procesos de excavación y las cuestiones dependientes de la geotecnia, no son parte del alcance de la presente memoria de cálculo y por tanto no es responsabilidad del diseñador
- ✓ La superficie de desplante del muro, y cualquier otra superficie en contacto con el colado del concreto, deberán estar limpias y libres de cualquier agente contaminante, antes de realizar cualquier etapa de los colados de concreto.
- ✓ En el colado de las juntas de construcción se deberá emplear aditivo de unión entre concretos, como lo puede ser el producto SIKADUR 32 u otro con características similares.
- ✓ Las juntas de dilatación y contracción que se realicen sobre la superficie del muro deberán cubrirse con sellador elástico de poliuretano SIKAFLEX CONSTRUCTION SEALANT o similar.
- ✓ Se deberá emplear concreto con resistencia a la compresión de 250kg/cm², recubrimiento de 7.5cm y acero de refuerzo con esfuerzo de fluencia de 4200kg/cm².
- ✓ No ponga en riesgo la seguridad de la estructura, evite modificaciones al diseño estructural. El diseñador no será responsable de los cambios realizados, sin previo aviso y autorización del mismo.
- ✓ Los procedimientos de construcción son responsabilidad del constructor. Todo procedimiento mal ejecutado que ponga en riesgo o modifique los criterios adoptados para el diseño estructural, será responsabilidad del constructor.





CONSULTORÍA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL

9. REFERENCIAS.

ACI 318. American Concrete Institute 318SUS-14. Miami, USA: ACI.

ASCE/SEI 7-05. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. Virgina, USA: ASCE.

CFE-MDOC-C1.1. Manual de Diseño de Obras Civiles, Sección C1.1 Estructuras, Criterios de Diseño. México DF: Comisión Federal de Electricidad.

CFE-MDOC-C1.2. Manual de Diseño de Obras Civiles, Sección C1.2 Acciones, Criterios de Diseño. México DF: Comisión Federal de Electricidad.

CFE-MDOC-DS. Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por sismo. México DF: Comisión Federal de Electricidad.

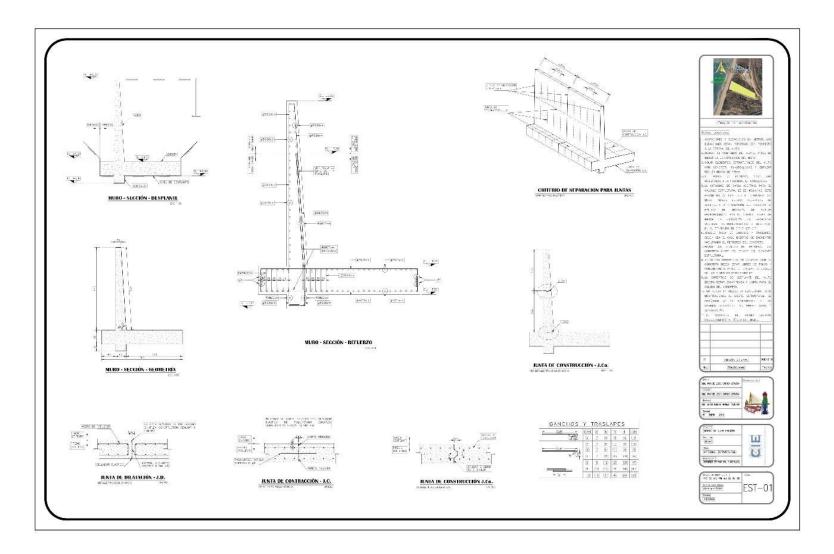
Instituto Mexicano de la Construcción en Acero (IMCA). Manual de Construcción en Acero.

Normas Técnicas Complementarias. NTC.

Piralla, R. M. Diseño Estrcutural. México D.F.: Limusa.

USACE. Stability Analisys of Concrete Structures.

Anexo 2. Plano de proyecto estructural.



Anexo 3. Presupuesto de muro de contención con concreto convencional.

PRESUPUESTO DE MURO DE CONTENCIÓN CON CONCRETO CONVENCIONAL.

	MURO DE CONTENCIÓN EN LA CD. DE MAZATLÁN.										
	- COPPOSE FOR 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1				Precio		-0.000				
Clave 200 REF	Descripción ESTRUCTURA DE CONCRETO	Unidad	Cantidad		unitario		Total				
200-01	ZAPATAS CORRIDAS										
200-01	CIMENTACION										
CIM-01	EXCAVACIÓN A MAQUINA EN MATERIAL TIPO "B" COMPACTADO AL 95% PROCTOR CON DEPOSITO DE MATERIAL A UN COSTADO DE LA CEPA, INCLUYE; MANO DE OBRA DE EXCAVACIÓN CON MAQUINA, MANIOBRAS LOCALES, EQUIPO DE SEGUIRDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.	МЗ	1,069.850000	\$	23.88	\$	25,548.02				
CIM-02	AFINE DE TALUDES Y FONDO DE LA EXCAVACION POR MEDIOS MANUALES EN MATERIAL TIPO "B", INCLUYE: MANO DE PERFILADO, REFINO DE PAREDES Y FONDO DE ZANJAS Y POZOS, EN CUALQUIER TIPO DE TERRENO EXCEPTO EN ROCA, CON MEDIOS MANUALES, HASTA CONSEGUIR UN ACABADO GEOMÉTRICO, COLOCACIÓN DE MATERIAL PRODUCTO DE AFINE A UN COSTADO DE LA CEPAS, EQUIPO DE SEGURIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERNEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T.	M2	712.680000	\$	16.66	\$	11,873.25				
CIM-03	COMPACTACION CON EQUIPO MECÁNICO DEL FONDO DE LAS EXCAVACIONES HECHAS POR LA MAQUINA, MANO DE OBRA DE COMPACTACIÓN DE CON PISÓN VIBRANTE DE GUIADO MANUAL, BAJADA DE LA MÁQUINA AL FONDO DE LA EXCAVACIÓN, POSTERIOR ELEVACIÓN DE LA MISMA Y HUMECTACIÓN DEL SUELO, MOVIMIENTO DE EQUIPO DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T.	M2	230.000000	\$	13.65	\$	3,139.50				
CIM-04	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PLÁSTICO NEGRO CAL 600 EN CIMENTACIONES PARA PROTEGER CONCRETO EN SU ÁREA DE CONTACTO CON EL SUELO, INCLUYE: SUMINISTRO MATERIALES(LAB EN OBRA), DESPERDICIOS, TRASLAPES; MANO DE OBRA, DE TRAZO, RECORTES O A JUSTES DE PLÁSTICO, COLOCACIÓN, ACARREOS DE MATERIAL DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T.(SE MEDIRÁ LA SUPERFICIE TEÓRICA EJECUTADA SEGÚN ESPECIFICACIONES DE PROYECTO, SIN INCLUIR LOS INCREMENTOS POR EXCESOS DE EXCAVACIÓN NO AUTORIZADOS)	M2	230.000000	\$	10.75	\$	2,472.50				
CIM-05	RELLENO EN CEPAS CON MATERIAL DE EXCAVACIÓN "A" O "B" COMPACTADO CON EQUIPO MANUAL AL 95% PROCTOR, INCLUYE: MANO DE OBRA DE RELLENO PRODUCTO DE EXCAVACIÓN, % DE ABUNDAMIENTO, INCORPORACIÓN DE LA HUMEDAD OPTIMA, COMPACTADA AL 95% DE SU PESO VOLUMETRICO EN CAPAS NO MAYORES A 20 CM., COMPACTACION CON PLACA VIBRATORIA, EQUIPO DE SEGURIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, PUAO T.	M3	885,850000	\$	197.58	\$	175,026.24				
CIM-07	CARGA DE CAMIÓN A MÁQUINA Y RETIRO EN CAMION DE MATERIAL PRODUCTO DE DEMOLICIONES Y/O EXCAVACIONES VOLUMEN MEDIDO EN BANCO A BANCO	МЗ	184.000000	\$	113.96	\$	20,968.64				



	MURO DE CONTENCIÓN I	EN LA CE). DE MAZATI	-ÁN.		
Clave	Deservinción	Unidad	Cantidad	Precio	Total	
Clave	Descripción DE TIRO AUTORIZADO, INCLUYE: MANO DE OBRA DE CARGA CON MAQUINA, ACARREO A BANCO DE TIRO AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES MUNICIPALES DONDE NO CAUSE DAÑOS A TERCEROS, DESCARGA DE MATERIAL, % DE ABUNDAMIENTO, MANIOBRAS LOCALES, EQUIPO DE SEGURIDAD, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T.(. VOLUMEN MEDIDO EN SECCIÓN.)	Unidad	Cantidad	unitario	Total	
	Total de CIMENTACION				\$ 239,028.15	
200-01-02	ACERO					
ACE-01	SUMINISTRO DE VARILLA CORRUGADA DEL NO.3 (3/8") EN CIMENTACIÓN, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIAL(L.A.B. EN OBRA), ALAMBRE RECOCIDO, DESPERDICIOS, TRASLAPES, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T.	KG	1,114.000000	\$ 14.81	\$ 16,498.34	
ACE-02	SUMINISTRO DE VARILLA CORRUGADA DEL NO.4 (1/2") EN CIMENTACIÓN, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIAL(L.A.B. EN OBRA), ALAMBRE RECOCIDO, DESPERDICIOS, TRASLAPES, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T.	KG	199.200000	\$ 14.81	\$ 2,950.15	
ACE-03	SUMINISTRO DE VARILLA CORRUGADA DEL NO.5 (5/8") EN CIMENTACIÓN, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIAL(L.A.B. EN OBRA), ALAMBRE RECOCIDO, DESPERDICIOS, TRASLAPES, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T.	KG	6,733.900000	\$ 14.81	\$ 99,729.06	
ACE-04	SUMINISTRO DE VARILLA CORRUGADA DEL NO.8 (1") EN CIMENTACIÓN, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIAL(L.A.B. EN OBRA), ALAMBRE RECOCIDO, DESPERDICIOS, TRASLAPES, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T.	KG	4,589.540000	\$ 14.81	\$ 67,971.09	
ACE-05	HABILITADO, ARMADO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO CON VARILLA CORRUGADA EN CIMENTACIÓN, INCLUYE: MANO DE OBRA DE HABILITADO, ARMADO, COLOCACIÓN, COLOCACIÓN DE SILLETAS PREFABRICADAS O POLLOS DE CONCRETO, AMARRES, MANIOBRAS DE ACARREOS DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERNEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T.	KG	12,636.640000	\$ 5.00	\$ 63,183.20	
	Total de ACERO				\$ 250,331.84	
200-01-03	CONCRETO	200	Walk party (water)	* ロールはとかる	sensitivity with the	
CON-01 REF	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO PREMEZCLADO F'C-250 KG/CM2, T.MA. 3/4", R.N., REV.14, BOMBEABLE, EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES(LA B EN OBRA), DESPERDICIOS; MANO DE OBRA, VACIADO BOMBEO, VIBRADO, CURADO Y COLADO DEL CONCRETO, ACARREOS Y ELEVACIÓN DE MATERIAL DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, ANDAMIOS, GARANITIAS, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T.SE MEDIRÁ EL VOLUMEN REALMENTE EJECUTADO SEGÚN ESPECIFICACIONES DE PROYECTO.	М3	184.000000	\$ 2,127.85	\$ 391,524.40	



EN CIMENTACION A BASE DE ASFALTO, APLICADO CON BROCHA DE PELO CORTO A UNIA MANO, INCLUYE: SUMINISTRO MATERIALES(LAB EN OBRA), DESPERDICIOS; PREPARACION DE LA SUPERFICIE, APLICACIÓN DE IMPERMABILIZANTE, ACARREOS Y ELEVACIÓN DE MATERIAL DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, PLUO T. SE MEDIRA LA SUPERFICIE REALMENTE EJECUTADA SEGÚN ESPECIFICACIONES DE PROYECTO, Total de CONCRETO **419,842.43* 200-01-04 CIMBRA MAD-01 SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACIÓN DE CIMBRA DE MADERA PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN CIMENTACION DE CONCRETO(ZAPATAS AISLADAS, ZAPATAS CORRIDAS, TRABES DE LIGA Y CONTRATRABES) ACABADO COMÚN, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES(LAB EN OBRA), DESPERDICIOS, USOS DE MADERA; MANO DE OBRA DE HABILITADO Y FABRICACIÓN DE CIMBRA, ADICACIÓN DE ELEMENTOS DE SUSTENTACIÓN, FILACIÓN DE DESMOLDANITE, CIMBRA, DESCIMBRA, COLOCACIÓN DE ELEMENTOS PER SUSTENTACIÓN, FILACIÓN DE DESMOLDANITE, CIMBRA, DESCIMBRA, COLOCACIÓN DE ELEMENTOS PER SUSTENTACIÓN, FILACIÓN DE MATERIALE, DENTRO DE LA OBRA, DESCIMBRA, COLOCACIÓN DE ELEMENTOS PECESARIOS PARA SU ESTABILIDAD, APLOMADO Y NIVELACIÓN DE MATERIALE, DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, GARRANTÍAS, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE MATERIAL. DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, GARRANTÍAS, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, PU.O.T. (PARA CUANTIFICACIÓN Y PAGO SE TOMARA LA SUPERFICIE DE CIMBRA EN CONTACTO CON EL CONCRETO) Total de CIMBRA EN CONTACTO CON EL CONCRETO)				335.5	9187			MURO DE CONTENCIÓN	
SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE IMPERMEABILIZACION EN CIMENTACION DA BASE DE ASFALTO, APLICADO CON BROCHA DE PELO CORTO A UNA MANO, INCLUYE: SUMINISTRO MATERIALES (L.A.B. EN OBRA), DESPERDICIOS, PREPARACION DE LA SUPERFICIE, APLICACION DE IMPERMEABILIZANTE, ACARREOS Y ELEVACIÓN DE MATERIAL DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, HERRAMIENTA MENOR Y ECULPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T. SE MEDIRÀ LA SUPERFICIE REALMENTE EJECUTADA SEGÚN ESPECIFICACIONES DE PROVECTO, Total de CONCRETO 200-01-04 CIMBRA MAD-01 SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACIÓN DE CIMBRA DE MADERA PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN CIMENTACION DE CONCRETO/ZAPATAS AISLADAS, ZAPATAS CORRIDAS, TRABES DE LIGA Y CONTRATRABES) ACABADO COMÚN, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES(LA B. EN OBRA), DESPERDICIOS, USOS DE MADERA, MANO DE OBRA DE HABILITADO Y FABRICACIÓN DE CIMBRA, APLICACIÓN DE DESMOLDANTE, CIMBRA, DESCIMBRA, COLOCACIÓN DE DESTABLIDAD, APLOMADO Y INVELACIÓN DE LA GIBRA, RETIRO, ACARREOS Y ELEVACIÓN DE MATERIAL DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGUIRIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, GARANTÍAS, HERRAMIENTA MENIOR Y EQUIPO, MANDO INTERNEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIOS PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGUIRIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, GARANTÍAS, HERRAMIENTA MENIOR Y EQUIPO, MANDO INTERNEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIOS PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGUIRIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, GARANTÍAS, HERRAMIENTA MENIOR Y EQUIPO, MANDO INTERNEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGUIRIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJOS, P.U.O.T.C. PARA CUANTIFICACIÓN Y PAGO SE TOMARA LA SUPERFICIE DE CIMBRA EN CONTACTO CON EL CONCRETO) TOTAL dE CIMBRA TOTAL DE CONCRETO DE CONTENCION	. tal	Total				Contidad	Unidad	ava Danavinalán	Clave
COU-01-04 CIMBRA MAD-01 SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACIÓN DE CIMBRA DE MADERA PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN CIMENTACION DE CONCRETO(ZAPATAS AISLADAS, ZAPATAS CORRIDAS, TRABES DE LIGA Y CONTRATRABES) ACABADO COMÚN, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES(L.A.B. EN OBRA), DESPERDICIOS, USOS DE MADERA; MANO DE OBRA DE HABILITADO Y FABRICACIÓN DE DESMOLDANTE, CIMBRA, DESCIMBRA, COLOCACIÓN DE ELEMENTOS DE SUSTENTACIÓN, FIJACIÓN Y ACODALAMIENTOS NIECESARIOS PARA SU ESTABILIDAD, APLOMADO Y NIVELACIÓN DE LA CIMBRA, RETIRO, ACARREOS Y ELEVACIÓN DE MATERIAL DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, GARANTÍAS, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERNEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA SUPERFICIE DE CIMBRA EN CONTACTO CON EL CONCRETO) Total de CIMBRA \$ 21,565.91 Total de CIMBRA \$ 930,768.33	.03	28,318.03	\$	90007.000	200	5-16-15-16-14-16-15-15-16-16-16-16-16-16-16-16-16-16-16-16-16-	255000	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE IMPERMEABILIZACION EN CIMENTACION A BASE DE ASFALTO, APLICADO CON BROCHA DE PELO CORTO A UNA MANO, INCLUYE: SUMINISTRO MATERIALES(L.A.B. EN OBRA), DESPERDICIOS; PREPARACION DE LA SUPERFICIE, APLICACION DE IMPERMEABILIZANTE, ACARREOS Y ELEVACIÓN DE MATERIAL DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T. SE MEDIRÁ LA SUPERFICIE REALMENTE EJECUTADA SEGÚN ESPECIFICACIONES DE PROYECTO,	ngare en contrato
MAD-01 SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACIÓN DE CIMBRA DE MADERA PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN CIMENTACION DE CONCRETO(ZAPATAS AISLADAS, ZAPATAS CORRIDAS, TRABES DE LIGA Y CONTRATRABES) ACABADO COMÚN, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES(LAB EN OBRA), DESPERDICIOS, USOS DE MADERA; MANO DE OBRA DE HABILITADO Y FABRICACIÓN DE CIMBRA, APLICACIÓN DE DESMOLDANTE, CIMBRA, DESCIMBRA, COLOCACIÓN DE DESMOLDANTE, CIMBRA, DESCIMBRA, COLOCACIÓN DE ELEMENTOS DE SUSTENTACIÓN, FIJACIÓN Y ACODALAMIENTOS NECESARIOS PARA SU ESTABILIDAD, APLOMADO Y NIVELACIÓN DE LA CIMBRA, RETIRO, ACARREOS Y ELEVACIÓN DE MATERIAL DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, GARANTÍAS, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T. (PARA CUANTIFICACIÓN Y PAGO SE TOMARA LA SUPERFICIE DE CIMBRA EN CONTACTO CON EL CONCRETO) Total de CIMBRA \$ 21,565.91 Total de ZAPATAS CORRIDAS \$ 930,768.33		413,042.40	•						00 01 04
Total de ZAPATAS CORRIDAS \$ 930,768.33 200-02 MURO DE CONTENCION		21,565.91		197.49	\$	109.200000	M2	SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACIÓN DE CIMBRA DE MADERA PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN CIMENTACION DE CONCRETO(ZAPATAS AISLADAS, ZAPATAS CORRIDAS, TRABES DE LIGA Y CONTRATRABES) ACABADO COMÚN, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES(L.A.B. EN OBRA), DESPERDICIOS, USOS DE MADERA; MANO DE OBRA DE HABILITADO Y FABRICACIÓN DE CIMBRA, APLICACIÓN DE DESMOLDANTE, CIMBRA, DESCIMBRA, COLOCACIÓN DE ELEMENTOS DE SUSTENTACIÓN, FIJACIÓN Y ACODALAMIENTOS NECESARIOS PARA SU ESTABILIDAD, APLOMADO Y NIVELACIÓN DE LA CIMBRA, RETIRO, ACARREOS Y ELEVACIÓN DE MATERIAL DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, GARANTÍAS, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T.(PARA CUANTIFICACIÓN Y PAGO SE TOMARA LA SUPERFICIE DE CIMBRA EN CONTACTO CON EL CONCRETO)	
200-02 MURO DE CONTENCION	.91	21,565.91	\$					Total de CIMBRA	
	.33	930,768.33	\$					Total de ZAPATAS CORRIDAS	
00-02-02 ACERO									
ACE-03 SUMINISTRO DE VARILLA CORRUGADA DEL NO.5 (5/8") KG 7,449.520000 \$ 14.81 \$ 110,327.39 EN CIMENTACIÓN, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIAL(L.A.B. EN OBRA), ALAMBRE RECOCIDO, DESPERDICIOS, TRASLAPES, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T.	.39	110,327.39	\$	14.81	\$	7,449.520000	KG	CE-03 SUMINISTRO DE VARILLA CORRUGADA DEL NO.5 (5/8*) EN CIMENTACIÓN, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIAL(LAB EN OBRA), ALAMBRE RECOCIDO, DESPERDICIOS, TRASLAPES, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS	
	.24	100,981.24	\$	14.81	\$	6,818.450000	KG	CE-04 SUMINISTRO DE VARILLA CORRUGADA DEL NO.8 (1") EN CIMENTACIÓN, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIAL(LA.B EN OBRA), ALAMBRE RECOCIDO, DESPERDICIOS, TRASLAPES, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS	ACE-04
CE-04 SUMINISTRO DE VARILLA CORRUGADA DEL NO.8 (1") EN KG 5,763.750000 \$ 14.81 \$ 85,361.14 CIMENTACIÓN, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIAL(L.A.B. EN OBRA), ALAMBRE RECOCIDO, DESPERDICIOS, TRASLAPES, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T.	.14	85,361.14	\$	14.81	\$	5,763.750000	KG	CIMENTACIÓN, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIAL(LAB EN OBRA), ALAMBRE RECOCIDO, DESPERDICIOS, TRASLAPES, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS	CE-04
CE-05 HABILITADO, ARMADO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE KG 20,031.720000 \$ 5.00 \$ 100,158.60 REFUERZO CON VARILLA CORRUGADA EN CIMENTACIÓN, INCLUYE: MANO DE OBRA DE	.60	100,158.60	\$	5.00	\$	20,031.720000	KG	REFUERZO CON VARILLA CORRUGADA EN	.CE-05



PRESUPUESTO DE MURO DE CONTENCIÓN CON CONCRETO CONVENCIONAL. MURO DE CONTENCIÓN EN LA CD. DE MAZATLÁN.									
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total				
	HABILITADO, ARMADO, COLOCACIÓN, COLOCACIÓN DE SILLETAS PREFABRICADAS O POLLOS DE CONCRETO, AMARRES, MANIOBRAS DE ACARREOS DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, HERRAMIENTA MENIOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T. Total de ACERO	Ollidad	Camuau	umano	\$ 396,828.37				
200-02-03	CONCRETO				,,				
CON-01 REF	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO PREMEZCLADO F'C=250 KG/CM2, T.M.A. 3/4", R.N., REV.14, BOMBEABLE, EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES(L.A.B EN OBRA), DESPERDICIOS; MANO DE OBRA, VACIADO BOMBEO, VIBRADO, CURADO Y COLADO DEL CONCRETO, ACARREOS Y ELEVACIÓN DE MATERIAL DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, ANDAMIOS, GARANTIAS, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T.SE MEDIRÁ EL VOLUMEN REALMENTE EJECUTADO SEGÚN	МЗ	114.750000	\$ 2,127.85	\$ 244,170.79				
CON-02	ESPECIFICACIONES DE PROYECTO. SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE IMPERMEABILIZACION EN CIMENTACION A BASE DE ASFALTO, APLICADO CON BROCHA DE PELO CORTO A UNA MANO, INCLUYE: SUMINISTRO MATERIALES(L.A.B. EN OBRA), DESPERDICIOS; PREPARACION DE LA SUPERFICIE, APLICACION DE IMPERMEABILIZANTE, ACARREOS Y ELEVACIÓN DE MATERIAL DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, HERRAMIENTA MENIOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS. UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T. SE MEDIRÁ LA SUPERFICIE REALMENTE EJECUTADA SEGÚN ESPECIFICACIONES DE PROYECTO,	M2	255.000000	\$ 89.23	\$ 22,753.65				
	Total de CONCRETO				\$ 266,924.44				
200-02-04	CIMBRA								
MAD-02	SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACIÓN DE CIMBRA DE MADERA EN MURO DE CONTENCION DOS CARAS ACABADO (1 CARA APARENTE + COMUN), INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES(L.A.B. EN OBRA), DESPERDICIOS, USOS DE MADERA; MANO DE OBRA DE HABILITADO Y FABRICACIÓN DE CIMBRA, APLICACIÓN DE DESMOLDANTE, CIMBRA, DESCIMBRA, , COLOCACIÓN DE ELEMENTOS DE SUSTENTACIÓN, FIJACIÓN Y APUNTALAMIENTO NECESARIOS PARA SU ESTABILIDAD, APLOMADO Y NIVELACIÓN DE LA CIMBRA, RETIRO, ACARREOS Y ELEVACIÓN DE MATERIAL DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, GARANTÍAS, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T.(PARA CUANTIFICACIÓN Y PAGO SE TOMARA LA SUPERFICIE DE CIMBRA EN CONTACTO CON EL CONCRETO DE UNA CARA DEL MURO)(NO INCLUYE SUMINISTRO DE MOÑOS)	M2	255.000000	\$ 335.93	\$ 85,662.15				
	Total de CIMBRA				\$ 85,662.15				
	Total de MURO DE CONTENCION				\$ 749,414.96				

	MURO DE CONTENCIÓN	EN LA CD	. DE MAZATI	Á.	١.		
01	Barradorika	Harasa	0.2/224:2****		Precio		
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad		unitario		Total
200-03-01 DET-01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE JUNTA DE DILATACION A BASE DE CELOTEX DE 1/2" DE ESPESOR Y SELLADA POR AMBOS LADOS POR SIKAFLEX, INCLUYE SUMINISTRO DE MATERIAL(LA B EN OBRA), DESPERDICIOS, MANO DE OBRA DE TRAZO, RECORTES, COLOCACIÓN, FIJACIÓN, ALAMBRE RECOCIDO, MANIOBRAS DE ACARREOS DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T.	М	61.240000	\$	160.25	\$	9,813.71
DET-02	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE JUNTA DE CONTRACCION, INICLUYE: SUMINISTRO DE MATERIAL (L.A.B. EN OBRA), DESPERDICIOS; MANO DE OBRA PARA TRAZO, CORTE CON DISCO EN CONCRETO Y APLICACIÓN DE SIKAFLEX PARA SELLAR JUNTA, ACARREOS DE MATERIAL DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, GARANTÍAS, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T.	M	195.000000	\$	51.45	\$	10,032.75
DET-03	SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACIÓN DE PASAJUNTAS EN CONCRETO CON VARILLA CORRUGADA DE 1/2" DE DIÁMETRO Y UNA LONGITUD DE DESARROLLO POR LADO, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES(L.A.B EN OBRA), DESPERDICIOS; MANO DE OBRA DE TRAZO, NIVELACION, RECORTES, COLOCACIÓN, FIJACIÓN, ACARREOS DE MATERIAL DENTRO DE LA OBRA, EQUIPO DE SEGURIDAD, GARANTÍAS, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T.	PIEZA	30.000000	\$	42.21	\$	1,266.30
DET-04	SUMINISTRO Y APLICACION DE ADITIVO PARA ADHERIR CONCRETO VIEJO CON NUEVO MARCA FESTER, SIKA Ó DE IGUAL CALIDAD Y COSTO, INCLUYE: SUMINISTRO DE MATERIALES(LA B EN OBRA), DESPERDICIOS; MANO DE PREPARACION DE LA ADITIVO COMO LO MARCA LA FICHA TÉCNICA, APLICACIÓN DE L PRODUCTO, ACARREOS Y ELEVACIÓN DE LOS MATERIALES DENTRO DE LA OBRA, ANDAMIOS, EQUIPO DE SEGURIDAD, LIMPIEZA EL ÁREA DE TRABAJO, HERRAMIENTA MENOR Y EQUIPO, MANDO INTERMEDIO, INDIRECTOS, UTILIDAD Y TODO LO NECESARIO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, P.U.O.T.	M2	55.000000	\$	46.13	\$	2,537.15
	Total de DETALLES					\$	23,649.91
	Total de DETALLES					\$	23,649.91
	Total de ESTRUCTURA DE CONCRETO					\$	1'703,833.20
	Total de Presupuesto					\$	1'703,833.20
	20					333	- 5

Anexo 4. TPU de los cuatro tipos de mezclas.

	ALTERNATIVA CON	CONCRETO	CONVENCIO	ONAL.				
Descripción								
Clave: CON:REF CONCRETO F'C=250 KG/CM2, RESISTENCIA NORMAL, TMA=3/4", FABRICADO EN OBRA CON REVOLVEDORA, INCLUYE: ACARREOS A 1RA. ESTACION A 20.00 MTS. Unidad: Cantidad: Precio unitario: Total: \$								
C Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	unitario		Total	%
Materiales 10715382 12200002 12200003 12200001 Fotal de Materiales	CEMENTO NORMAL GRIS TIPO I EN SACO ARENA GRAVA DE 3/4" AGUA	TONELADA M3 M3 M3	0.338710 0.434000 0.650000 0.210000		3,448.27 250.00 250.00 140.00	\$	1,167.96 108.50 162.50 29.40 1,468.36	65.00 6.04 9.04 1.64 81.72
Mano de Obra + CU.07	CUADRILLA # 07 (1 OPERADOR DE REVOLVEDORA DE 1 SACO + 7 AYUDANTES GENERALES)	JORNADA	0.066600	\$	4,267.71		284.23	15.82
Total de Mano de Obra	l'					\$	284.23	15.82
Equipo + 30100014	COSTO HORARIO DE REVOLVEDORA DE 1 SACO	HORA	0.533333	\$	83.09	888	44.31	2.47
Total de Equipo						\$	44.31	2.47
			Indirectos de (irectos (Campo (miento (Itilidad (0 Directo 0.00%) 0.00%) Subtotal 0.00%) Subtotal 0.00%) 0.00%)	\$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$	1,796.90 0.00 0.00 1,796.90 0.00 1,796.90 0.00 0.00	
				Precio	Unitario	\$	1,796.90	

ALTERNATIVA CON CONCRETO CONVENCIONAL.										
Descripción										
Clave: CON.SF04 CONCRETO F'C=250 KG/CM2 ADICIONADO CON 4% DE MICROSILICE, RESISTENCIA NORMAL, TMA=3/4", FABRICADO EN OBRA CON REVOLVEDORA, INCLUYE: ACARREOS A 1RA. ESTACION A 20.00 MTS. Precio unitario: \$ Total: \$										
C Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Total	%				
Materiales 10715382 SF 12200002 12200003	CEMENTO NORMAL GRIS TIPO I EN SACO HUMO DE SILICE ARENA GRAVA DE 3/4"	TONELADA KG M3 M3	0.325160 \$ 13.550000 \$ 0.434000 \$ 0.650000 \$	56.98 250.00	\$ 772.08	44.45 30.61 4.30 6.44				
12200001 Total de Materiales	AGUA	МЗ	0.210000	140.00	\$ 29.40 \$ 2,193.72	1.17 86.97				
Mano de Obra + CU.07	CUADRILLA # 07 (1 OPERADOR DE REVOLVEDORA DE 1 SACO + 7 AYUDANTES GENERALES)		0.066600 \$	4,267.71	\$ 284.23	11.27				
Total de Mano de Obra					\$ 284.23	11.27				
Equipo + 30100014 Total de Equipo	COSTO HORARIO DE REVOLVEDORA DE 1 SACO	HORA	0.533333	83.09	\$ 44.31 \$ 44.31	1.76 1.76				
			Indirectos de Ca Financiam	Subtotal iento (0.00%) Subtotal lidad (0.00%)	\$ 0.00 \$ 0.00 \$ 2,522.26 \$ 0.00 \$ 2,522.26 \$ 0.00					
	** DOS MIL QUINIENTO	S VEINTIDOS	PESOS 26/100 M.I	Precio Unitario N. **	\$ 2,522.26					

ALTERNATIVA CON CONCRETO CONVENCIONAL.										
Descripción										
Clave: CON.FA10 CONCRETO F'C=250 KG/CM2 ADICIONADO CON 10% DE CENIZA VOLANTE, RESISTENCIA NORMAL, TMA=3/4", FABRICADO EN OBRA CON REVOLVEDORA, INCLUYE: ACARREOS A 1RA. ESTACION A 20.00 MTS. Unidad: Cantidad: Precio unitario: Total: \$										
C Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Total	%				
Materiales 10715382 FA 12200002 12200003 12200001	CEMENTO NORMAL GRIS TIPO I EN SACO CENIZA VOLANTE ARENA GRAVA DE 3/4" AGUA	TONELADA KG M3 M3 M3		\$ 250.00	\$ 621.85 \$ 108.50	45.66 27.01 4.71 7.06 1.28				
Total de Materiales	7,007	1110	0.210000	110.00	\$ 1,973.42	85.72				
Mano de Obra + CU.07 Total de Mano de Obra	CUADRILLA # 07 (1 OPERADOR DE REVOLVEDORA DE 1 SACO + 7 AYUDANTES GENERALES)		0.066600	\$ 4,267.71	\$ 284.23 \$ 284.23	12.35 12.35				
Equipo + 30100014	COSTO HORARIO DE REVOLVEDORA DE 1 SACO	HORA	0.533333	\$ 83.09	\$ 44.31 \$ 44.31	1.92 1.92				
Total de Equipo			Indirectos de C Financiar	Subtotal niento (0.00%) Subtotal tilidad (0.00%)	\$ 2,301.96 \$ 0.00 \$ 0.00 \$ 2,301.96 \$ 0.00 \$ 2,301.96 \$ 0.00 \$ 0.00	1.92				
	** DOS MIL TRESCIE	NTOS UN PE	SOS 96/100 M.N.		\$ 2,301.96					

ALTERNATIVA CON CONCRETO CONVENCIONAL.										
Descripción										
Clave: CON.VA10 CONCRETO F'C=250 KG/CM2 ADICIONADO CON 10% DE CENIZA VOLCÁNICA, RESISTENCIA NORMAL, TMA=3/4", FABRICADO EN OBRA CON REVOLVEDORA, INCLUYE: ACARREOS A 1RA. ESTACION A 20.00 MTS. Precio unitario: \$ Total: \$										
C Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Cost	o unitario		Total	%		
Materiales 10715382 VA 12200002 12200003	CEMENTO NORMAL GRIS TIPO I EN SACO CENIZA VOLCANICA ARENA GRAVA DE 3/4"	TONELADA KG M3 M3	0.304840 33.870000 0.434000 0.650000	\$	3,448.27 7.98 250.00 250.00	\$ \$	1,051.17 270.28 108.50 162.50	53.90 13.86 5.56 8.33		
12200001 Total de Materiales	AGUA	М3	0.210000	\$	140.00	\$ \$	29.40 1,621.85	1.51 83.16		
Mano de Obra + CU.07	CUADRILLA # 07 (1 OPERADOR DE REVOLVEDORA DE 1 SACO + 7 AYUDANTES GENERALES)		0.066600	\$	4,267.71	\$	284.23	14.57		
Total de Mano de Obra						\$	284.23	14.57		
Equipo + 30100014 Total de Equipo	COSTO HORARIO DE REVOLVEDORA DE 1 SACO	HORA	0.533333	\$	83.09	\$ \$	44.31 44.31	2.27 2.27		
			Indirectos de (irectos (Campo (miento (Itilidad (0.00%) Subtotal 0.00%) Subtotal 0.00%)	***	1,950.39 0.00 0.00 1,950.39 0.00 1,950.39 0.00 0.00			
	** UN MIL NOVECIENTO	S CINCUENTA	PESOS 39/100 F		o Unitario	\$	1,950.39			

Anexo 5. Manual de implementación MIVES en la construcción.

ANÁLISIS DE
SOSTENIBILIDAD DE
UNA OBRA O
PROYECTO DE
CONTRUCCIÓN
MEDIANTE LA
METODOLOGIA MIVES.



1 SEPTIEMBRE 2020

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

Creado por: ING. HECTOR PAUL AMADOR MANJARREZ Y DR. JESUS MANUEL BERNAL CAMACHO.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.	3
THE FUTURE OF JOBS.	4
MIVES-CONSTRUCCIÓN.	5
AHP DE SAATY.	6
INDICADORES.	7
CASO DE ESTUDIO	8
DOSIFICACIONES DE MEZCLAS.	10
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	11

MANUAL PARA IMPLEMENTACIÓN DE MIVES EN LA CONSTRUCCIÓN. INTRODUCCIÓN.

Se entiende como sostenibilidad a la capacidad de satisfacer las necesidades de la actual generación sin sacrificar la capacidad de las **futuras generaciones** de satisfacer sus propias necesidades, lo anterior ante el punto de vista de la prosperidad humana y según el informe Brundtland de 1987. Que gira alrededor de tres principales ejes: **Económico**, **Ambiental y Social**.



La metodología que se explica a continuación es la establecida por MIVES, acrónimo de "Modelo Integral de Valor para una Evaluación Sostenible" y nos permitirá diferenciar entre las principales características de los objetos que evaluaremos para darle valores en igualdad de condiciones que sean capaz de medirse y que nos lleven a tomar una decisión objetiva entre las alternativas con un argumento sólido.

A nivel mundial, los países y las organizaciones internacionales han hecho esfuerzos de manera conjunta para combatir los efectos negativos del hombre en el medio ambiente. Derivado de lo anterior, diversos encuentros internacionales se han generado a lo largo de los últimos años sobre el tema, desde la Conferencia de Estocolmo en el año de 1972, el Informe "Our Common Future" en la ONU en 1987 y más recientemente en la Agenda 2030 con los Objetivos de Desarrollo Sostenible llevada a cabo en el año 2015. Las principales temáticas abordadas giran a la explotación de los recursos naturales no renovables, la destrucción del medio ambiente y los gases de efecto invernadero.

El objetivo principal de este documento es encaminar al lector a usar esta metodología para resolver la problemática al conocer el nivel de sostenibilidad de una obra o proyecto del sector construcción de entre una gama de alternativas, con la ayuda de indicadores con valores cuantitativos y usando una herramienta para la toma de decisiones, MIVES.

THE FUTURE OF JOBS.

Resolver problemas complejos y tomar decisiones forman parte del top 10 de habilidades en el mundo laboral para el año 2020. Según un informe presentado por el **foro económico mundial** donde habla de ciertas habilidades con las que debe de contar el trabajador para destacar de buena manera en el mundo laboral en los próximos años. Al grado que a lo anterior se le ha llamado la Cuarta Revolución Industrial por la manera en que el mundo está cambiando debido a la automatización de procesos y a la desaparición de intermediarios.



Lo anterior hace que tome fuerza que las personas que éstan al mando de las empresas, cuenten con herramientas para tomar las mejores decisiones y así puedan resolver la pleblemática que se les presente por más compleja que parezca. Actualmente en la construcción se han venido desarrollando nuevos puestos de trabajos como lo es el **Gerente de Proyecto o el Administrador Integral de Proyectos**, la metodología MIVES demuestra ser una herramienta eficiente que aporta resultados justificados a travéz de un proceso bien definido.

MIVES-CONSTRUCCIÓN.

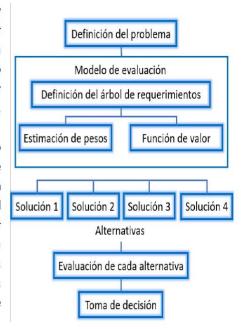
La industria de la Construcción es sumamente importante para los países, en ella se hacen fuertes inversiones de dinero, esto hace muy relevante el tener profesionistas preparados con herramientas confiables para que puedan tomar las mejores decisiones en dicho sector. La metodología MIVES cumple con lo anterior y deberá tener una fuerte influencia ya que para toda construcción intervienen de manera importante los tres ejes fundamentales de la SOSTENIBILIDAD.

De igual forma, por los procesos en las que se puede desglosar un proyecto y lo distintos que son unos de otros. Se tiene una alta gama de indicadores, cada área del conocimiento puede aportar distintos indicadores a las que se le puede asignar un valor numérico.

Un Gerente de Proyecto o un Administrador de Proyecto, en la construcción tendrá esta herramienta que podrá utilizar ante problemáticas que giren alrededor de lo económico, ambiental y social, presentando alternativas en igualdad de condiciones para calificar a cada una de ellas, esto también tiene una gran utilidad para darse cuenta de que indicador de los propuestos está afectando a la alternativa con la finalidad de resolverlo.

Para usar MIVES se necesita conocer un problema y su alcance, como segundo paso se requiere elaborar un árbol de requerimiento, con los tres ejes de la sostenibilidad, con criterios (y subcriterios en caso de aplicar) y los indicadores deben ser representativos, discriminantes, complementarios, relativos, cuantificables, precisos y trazables.

Después se le tiene que asignar pesos o ponderaciones a cada requerimiento, criterio e indicador, para que la repartición de porcentajes sea confiable se usa el proceso AHP (Analytical Hierarchy Process) de Saaty. Luego cada indicador deberá tener su gráfica y su función valor, que se construye con los mínimos y los máximos de todas las alternativas. Finalmente, con el valor final de los indicadores y el peso de estos se lleva al nivel de sostenibilidad de cada alternativa.



AHP DE SAATY.

Selección del parámetro SAATY

El proceso AHP de Saaty, es un **Proceso de jerarquía Analítica**, es una técnica estructurada para tratar con decisiones complejas. Se basa en una comparación por pares de todos los elementos entre ellos, esta comparación se hace de acuerdo con una escala propuesta por Saaty en las que se admiten las situaciones intermedias y los inversos, en la tabla 1 se muestra lo anterior.

Una vez realizada dicha comparación de todos los aspectos de un mismo grupo se obtiene una matriz cuya diagonal es 1 y el elemento simétrico es inverso.

Importante hay que mencionar que la matriz tiene que ser consistente para que la sumatoria de los porcentajes de un grupo sea igual al 100%.

Esta herramienta, basada en matemáticas y psicología, fue desarrollada por Thomas L. Saaty en los setenta y ha sido extensivamente estudiada y refinada, desde entonces. Provee un marco de referencia racional y comprensivo para estructurar un problema de decisión, para representar y cuantificar sus elementos, para relacionar esos elementos a los objetivos generales, y para evaluar alternativas de solución.

ECONÓMICO ...más importante que.. .menos importante que. **AMRIENTAL** AMBIENTAL @ 1 Igual importancia Igual importancia C 1/1 Intermedio entre 1 y 3 C 1/2 Intermedio entre 1 y 1/3 Moderadamente más importante C 1/3 Moderadamente menos importante C 1/4 Intermedio entre 3 y 5 Intermedio entre 1/3 v 1/5 Más importante Menos importante C 5 C 1/5 Intermedio entre 5 v 7 C 1/6 Intermedio entre 1/5 v 1/7 Mucho más importante C 1/7 Mucho menos importante C 1/8 Intermedio entre 7 y 9 Intermedio entre 1/7 v 1/9 Extremadamente más importante Extremadamente menos importante C 1/9 Cancelar Aceptar

Tabla 1. Escala de comparación del proceso de jerarquía analítico (AHP) de Saaty.

INDICADORES.

Los indicadores son la parte más importante de esta metodología, ellos nos brindaran el valor del árbol de requerimientos y con ellos lograremos determinan el nivel de sostenibilidad de cada alternativa.

Un árbol de requerimientos puedes ser tan complejo como sea posible, habrá ocasiones en que debamos de tomar en cuenta muchos valores, pero no se recomienda que se tenga más de 20 indicadores ya que las valoraciones de los indicadores poco importantes pueden diluir los resultados de los indicadores realmente importantes.

A continuación, se enlistan algunos indicadores que pueden ser usados para esta metodología.

ECONÓMICO

- -Costo total de la obra.
- -Costo por
- mantenimiento.
 -Costo de fletes.
- -Costo de adquisición de
- inmuebles.
- -Variación del dólar.
- -Riesgo por cambio de
- precios.
- -Riesgo por tiempos
- muertos.
- -Incidencias climáticas
- frente al costo.
- -Incidencias climáticas
- frente al tiempo.
- -Dificultad para obtener
- materiales.
- -Dificultad para
- contratar mano de obra.

- -Tiempo de ejecución.
- -Tiempo entre mantenimiento.
- -Tiempo de suministro
- de materiales
- importantes.

AMBIENTAL

- -Residuo añadido.
- -Utilización menor del
- cemento.
- -Materias primas
- consumidas.
- -Cantidad de CO₂ en
- obra.
- -Cantidad de CO₂ por
- transporte.
- -Energía consumida.
- -Agua utilizada.
- -Flora afectada.

- -Fauna afectada.
- -Materiales reciclados.
- -Incremento de la temperatura.

SOCIAL

- -Durabilidad.
- -Vida útil.
- -Apariencia.
- -Uso de materiales
- locales.
- -Contratación de
- personas local.
- -Personas beneficiadas
- por la obra.
- -Personas afectadas por
- la obra.

CASO DE ESTUDIO.

Como ejemplo practico se presenta este estudio donde se dictamino el nivel de sostenibilidad de un muro de contención elaborado con concreto reforzado y localizado frente a la línea costera del Océano Pacifico en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa.

La variable a revisar fue el tipo de material con las que se fabricarían las mezclas de concreto con adiciones minerales: Humo de Sílice (SIKACRETE 950 DP), Ceniza volante (Planta carboeléctrica de Nava, Coahuila) y ceniza volcánica (Volcán de Colima).



En la tabla 2, se muestran las dosificaciones usadas en las mezclas con adiciones minerales y sus resultados tanto mecánicos como durables. El diseño de las mismas se hizo para que cumplieran por proyecto con una resistencia a la compresión de 250 kg/cm² a los 28 días de edad.

Tabla 2 Dosificaciones de las diferentes mezclas con adiciones minerales con un relación agua/material cementante fija.

f'C=	250	kg/cm ²	A/C=	0.6	2									
BATTACL A	MATERIAL													
MEZCLA	AGUA (kg)	CEMENTO (kg)	GRAVA (kg)	ARENA (kg)	MCS (kg)									
CONTROL	210	338.71	1105.89	700.40	0.0									
SF 4%	210	325.16	1105.89	700.40	13.55									
FA 10%	210	304.84	1105.89	700.40	33.87									
VA 5%	210	321.77	1288.04	648.25	16.94									

Una vez definidas las dosificaciones se realizaron las mezclas en laboratorios y se determinaron mediante pruebas de laboratorio, propiedades mecánicas y durables, en la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 3. Resultados mecánicos y durables de las diferentes mezclas con adiciones minerales con una relación agua/material cementante fija.

f'C=	250 k	g/ cm²	A/C=	0.62	0.62							
	PROPIEDADES MECANICAS											
MEZCLA	CARGA (ton)	f'C (kg/cm²)	Resistencia eléctrica (kOhm)	Resistividad eléctrica (kOhm-cm)	%							
	28 DÍAS	28 DÍAS	8 meses	8 meses								
CONTROL	19.39	246.88	2.67	10.48	98.8%							
SF 4%	19.11	243.25	2,612.50	10,259.29	97.3%							
FA 10%	17.88	227.65	1,849.3	7,262.2	91.1%							
VA 5%	19.72	251.02	1,634.84	6,420.0	100.4%							

Del estudio realizado se obtuvo que el muro de contención con adición del 10% de ceniza volante es la mejor propuesta ante este análisis de sostenibilidad.

En la tabla 4 y 5 se muestran el ordenamiento del árbol de requerimiento con los indicadores que seleccionamos para este análisis, al igual que la ponderación que se obtuvo de los pesos de Saaty. También se observa el valor de cada indicador para cada alternativa y por último por el índice de valor logramos obtener el nivel de 0 a 100 de cada indicador, criterio, requerimiento y el resultado general.

Tabla 4. Árbol de requerimientos con el valor y el peso de los indicadores para todas las alternativas.

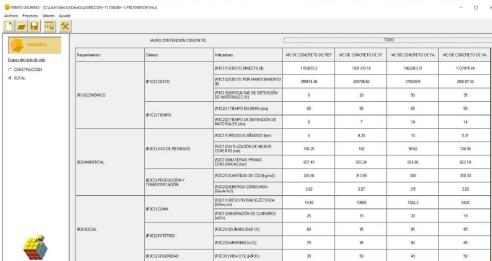


Tabla 5. Resultados finales de las cuatro alternativas desglosadas por requerimiento, criterio e indicador.

	-119	CONC	RETO REF						CON	CRETO SF			
REQUERIMIEN TO	N PESO CRITERIO	VALOR CRITERIO	SUMA	PESO REQ	VALOR REQ	SUMA	REQUERIMIEN TO	CRITERIO	INDICE DE VALOR CRITERIO	SUMA	PESO REQ	INDICE DE VALOR REQ	SUMA
ECONOMICO	75% 25%	73% 22%	95%	40%	38%		ECONOMICO	75% 25%	26% 18%	44%	40%	18%	
AMBIENTAL	75% 25%	5% 5%	10%	40%	4%	54%	AMBIENTAL	75% 25%	31% 1 2 %	43%	40%	17%	549
SOCIAL	20% 60% 20%	0% 47% 10%	57%	20%	11%		SOCIAL	20% 60% 20%	20% 57% 20%	97%	20%	19%	
			CRETO FA						CON	CRETO VA	\ <u>A</u>		A
	PESO CRITERIO	CONC INDICE DE VALOF CRITERIO			INDICE DE VALOR REQ	SUMA	REQUERIMIEN TO	PESO CRITERIO	INDICE DE VALOR		PESO REQ	INDICE DE VALOR REQ	SUMA
NTO	PESO CRITERIO 75% 25%	INDICE DE VALOF				SUMA		CRITERIO 75%	INDICE DE VALOR		PESO REQ 40%		SUMA
NTO	75%	INDICE DE VALOF CRITERIO 35%	SUMA	PESO REQ	VALOR REQ	SUMA 72%	ТО	CRITERIO 75%	INDICE DE VALOR CRITERIO 63%	SUMA		VALOR REQ	SUMA
REQUERIME NTO ECONOMICO AMBIENTAL SOCIAL	75% 25% 75%	INDICE DE VALOF CRITERIO 35% 14% 70%	^R SUMA 49%	40%	VALOR REQ 19%		ECONOMICO	75% 25% 75%	INDICE DE VALOR CRITERIO 63% 14% 38%	SUMA 77%	40%	VALOR REQ 31%	

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Ingenieros y Arquitectos tienen que desarrollar habilidades que los hagan sobresalir en el mundo laboral, la metodología MIVES logra maximizar la "Toma de Decisiones" y "Resolver Problemas Complejos".

La industria de la construcción requiere tener profesionistas preparados y que tengan a su alcance herramientas para la toma de decisiones, que tengan un fundamento teórico y haga comparaciones entre alternativas con un sustento matemático.

La metodología MIVES resulta una herramienta útil y confiable para resolver problemas sobre sostenibilidad en cualquier tipo de construcción donde se tengan indicadores que repercutan en la decisión final.

Es de gran importancia saber leer los resultados obtenidos y con ello conocer que es lo que está fallando entre las alternativas, con la finalidad de que esto se vuelva una retroalimentación y nos permita tener una solución aún mejor.

Se recomienda seguir utilizando esta metodología en las distintas situaciones que se puedan presentar al momento de construir.

Anexo 6. Programa de obra para muro de contención.

	PROGRAMA DE OBRA DE MURO DE CONTENCIÓN CON CONCRETO CONVENCIONAL.														
	PROGRAMA DE OBRA MURO DE CONTENCION MAZATLAN														
Actividad	Concepto	Descripción	Fecha de inicio	Duración	Fecha de término	2020 Sep	Oct	Oct	Oct	Oct	2020 Nov	Nov	Nov	Nov	Nov
		ESTRUCTURA DE CONCRETO													
		ZAPATAS CORRIDAS													
		CIMENTACION													
40	CIM-01	EXCAVACIÓN A MAQUINA EN MATERIAL TIPO "B"	01/Oct/2020*	4t	06/Oct/2020										
41	CIM-01	EXCAVACIÓN A MAQUINA EN MATERIAL TIPO "B"	01/Oct/2020*	4t	06/Oct/2020										
51	CIM-02	AFINE DE TALUDES Y FONDO DE LA EXCAVACION POR MEDIOS MANUALES EN MATERIAL TIPO "B"	07/Oct/2020*	6t	14/Oct/2020										
52	CIM-02	AFINE DE TALUDES Y FONDO DE LA EXCAVACION POR MEDIOS MANUALES EN MATERIAL TIPO "B"	07/Oct/2020*	6t	14/Oct/2020										
53	CIM-02	AFINE DE TALUDES Y FONDO DE LA EXCAVACION POR MEDIOS MANUALES EN MATERIAL TIPO "B"	07/Oct/2020*	6t	14/Oct/2020										
54	CIM-02	AFINE DE TALUDES Y FONDO DE LA EXCAVACION POR MEDIOS MANUALES EN MATERIAL TIPO "B"	07/Oct/2020*	6t	14/Oct/2020		200 277								
62	CIM-03	COMPACTACION CON EQUIPO MECÁNICO DEL FONDO DE LAS EXCAVACIONES HECHAS POR LA MAQUINA	09/Oct/2020*	5t	15/Oct/2020										
73	CIM-04	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PLÁSTICO NEGRO CAL.600 EN CIMENTACIONES	15/Oct/2020*	2t	16/Oct/2020										
84	CIM-05	RELLENO EN CEPAS CON MATERIAL DE EXCAVACIÓN "A" O "B" COMPACTADO CON EQUIPO MANUAL AL 95% PROCTOR	01/Dic/2020*	4t	04/Dic/2020										
95	CIM-07	CARGA DE CAMIÓN A MÁQUINA Y RETIRO EN CAMION DE MATERIAL PRODUCTO DE DEMOLICIONES Y/O EXCAVACIONES	07/Oct/2020*	2t	08/Oct/2020										
		ACERO													
117	ACE-01	SUMINISTRO DE VARILLA CORRUGADA DEL NO.3 (3/8")	03/Oct/2020*	1t	05/Oct/2020	Е									
128	ACE-02	SUMINISTRO DE VARILLA CORRUGADA DEL NO.4 (1/2")	03/Oct/2020*	1t	05/Oct/2020										

PROGRAMA DE OBRA DE MURO DE CONTENCIÓN CON CONCRETO CONVENCIONAL.

	PROGRAMA DE OBRA MURO DE CONTENCION MAZATLAN															
Actividad	Concepto	Descripción	Fecha de inicio	Duración	Fecha de término	2020 Sep	2020 Oct	Oct	Oct	Oct	2020 Nov	Nov	Nov	Nov	Nov	
139	ACE-03	SUMINISTRO DE VARILLA CORRUGADA DEL NO.5 (5/8")	03/Oct/2020*	1t	05/Oct/2020											
150	ACE-04	SUMINISTRO DE VARILLA CORRUGADA DEL NO.8 (1")	03/Oct/2020*	1t	05/Oct/2020											
161	ACE-05	HABILITADO, ARMADO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO CON VARILLA CORRUGADA	03/Oct/2020*	14t	21/Oct/2020											
162	ACE-05	HABILITADO, ARMADO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO CON VARILLA CORRUGADA	03/Oct/2020*	14t	21/Oct/2020											
163	ACE-05	HABILITADO, ARMADO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO CON VARILLA CORRUGADA	03/Oct/2020*	14t	21/Oct/2020											
164	ACE-05	HABILITADO, ARMADO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO CON VARILLA CORRUGADA	03/Oct/2020*	14t	21/Oct/2020		90									
		CONCRETO														
194	CON-02	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE IMPERMEABILIZACION EN CIMENTACION A BASE DE ASFALTO, APLICADO CON BROCHA	14/Nov/2020*	2t	17/Nov/2020											
195	CON-02	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE IMPERMEABILIZACION EN CIMENTACION A BASE DE ASFALTO, APLICADO CON BROCHA	14/Nov/2020*	2t	17/Nov/2020							(1				
		CIMBRA														
216	MAD-01	SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACIÓN DE CIMBRA DE MADERA PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES, ACABADO COMÚN	21/Oct/2020*	4t	26/Oct/2020											
217	MAD-01	SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACIÓN DE CIMBRA DE MADERA PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES, ACABADO COMÚN	21/Oct/2020*	4t	26/Oct/2020											
218	MAD-01	SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACIÓN DE CIMBRA DE MADERA PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES, ACABADO COMÚN	21/Oct/2020*	4t	26/Oct/2020											
		MURO DE CONTENCION														
		ACERO														

PROGRAMA DE OBRA DE MURO DE CONTENCIÓN CON CONCRETO CONVENCIONAL.

	PROGRAMA DE OBRA MURO DE CONTENCION MAZATLAN														
Actividad	Concepto	Descripción	Fecha de inicio	Duración	Fecha de término	2020 Sep	2020 Oct	Oct	Oct	Oct	2020 Nov	Nov	Nov	Nov	Nov
249	ACE-03	SUMINISTRO DE VARILLA CORRUGADA DEL NO.5 (5/8")	22/Oct/2020*	1t	22/Oct/2020				0						
260	ACE-04	SUMINISTRO DE VARILLA CORRUGADA DEL NO.8 (1")	22/Oct/2020*	1t	22/Oct/2020				0						
271	ACE-04	SUMINISTRO DE VARILLA CORRUGADA DEL NO.8 (1")	22/Oct/2020*	1t	22/Oct/2020				0						
282	ACE-05	HABILITADO, ARMADO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO CON VARILLA CORRUGADA	22/Oct/2020*	21t	17/Nov/2020										
283	ACE-05	HABILITADO, ARMADO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO CON VARILLA CORRUGADA	22/Oct/2020*	21t	17/Nov/2020										
284	ACE-05	HABILITADO, ARMADO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO CON VARILLA CORRUGADA	22/Oct/2020*	21t	17/Nov/2020										
285	ACE-05	HABILITADO, ARMADO Y COLOCACIÓN DE ACERO DE REFUERZO CON VARILLA CORRUGADA	22/Oct/2020*	21t	17/Nov/2020										
		CONCRETO													
315	CON-02	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE IMPERMEABILIZACION EN CIMENTACION A BASE DE ASFALTO, APLICADO CON BROCHA	02/Dic/2020*	3t	04/Dic/2020										
		CIMBRA													
337	MAD-02	SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACIÓN DE CIMBRA DE MADERA EN MURO DE CONTENCION DOS CARAS ACABADO	16/Nov/2020*	5t	20/Nov/2020										
338	MAD-02	SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACIÓN DE CIMBRA DE MADERA EN MURO DE CONTENCION DOS CARAS ACABADO	16/Nov/2020*	5t	20/Nov/2020										
339	MAD-02	SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACIÓN DE CIMBRA DE MADERA EN MURO DE CONTENCION DOS CARAS ACABADO	16/Nov/2020*	5t	20/Nov/2020										
		DETALLES													
		DETALLES													

PROGRAMA DE OBRA DE MURO DE CONTENCIÓN CON CONCRETO CONVENCIONAL.

	PROGRAMA DE OBRA MURO DE CONTENCION MAZATLAN														
Actividad	Concepto	Descripción	Fecha de inicio	Duración	Fecha de término	2020 Sep	2020 Oct	Oct	Oct	Oct	2020 Nov	Nov	Nov	Nov	Nov
370	DET-01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE JUNTA DE DILATACION	26/Oct/2020*	1t	26/Oct/2020					0					
371	DET-01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE JUNTA DE DILATACION	19/Nov/2020*	1t	19/Nov/2020								0		
381	DET-02	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE JUNTA DE CONTRACCION,	14/Nov/2020*	1t	16/Nov/2020							I	_		
382	DET-02	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE JUNTA DE CONTRACCION,	02/Dic/2020*	1t	02/Dic/2020										0
392	DET-03	SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACIÓN DE PASAJUNTAS	26/Oct/2020*	1t	26/Oct/2020					0					
393	DET-03	SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACIÓN DE PASAJUNTAS EN CONCRETO	19/Nov/2020*	1t	19/Nov/2020								0		
403	DET-04	SUMINISTRO Y APLICACION DE ADITIVO PARA ADHERIR CONCRETO VIEJO CON NUEVO	26/Oct/2020*	1t	26/Oct/2020					0					
404	DET-04	SUMINISTRO Y APLICACION DE ADITIVO PARA ADHERIR CONCRETO VIEJO CON NUEVO	19/Nov/2020*	1t	19/Nov/2020								0		
425	CON.REF	CONCRETO F'C=250 KG/CM2, RESITENCIA NORMAL, TMA=3/4", FABRICADO EN OBRA CON REVOLVEDORA, INCLUYE: ACARREOS A 1RA. ESTACION A 20.00 MTS.	01/Oct/2020	0c	30/Sep/2020										
436	CON.SF0	CONCRETO F'C=250 KG/CM2, RESITENCIA NORMAL, TMA=3/4", FABRICADO EN OBRA CON REVOLVEDORA, INCLUYE: ACARREOS A 1RA. ESTACION A 20.00 MTS.	01/Oct/2020	0c	30/Sep/2020										
447	CON.FA1	CONCRETO F'C=250 KG/CM2, RESITENCIA NORMAL, TMA=3/4", FABRICADO EN OBRA CON REVOLVEDORA, INCLUYE: ACARREOS A 1RA. ESTACION A 20.00 MTS.	01/Oct/2020	0c	30/Sep/2020										
458	CON.VA1	CONCRETO F'C=250 KG/CM2, RESITENCIA NORMAL, TMA=3/4", FABRICADO EN OBRA CON REVOLVEDORA, INCLUYE: ACARREOS A 1RA. ESTACION A 20.00 MTS.	01/Oct/2020	0c	30/Sep/2020										
469			01/Oct/2020	0c	30/Sep/2020										