

**UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA**  
**LEÓN**

ESTUDIOS CON RECONOCIMIENTO DE VALIDEZ OFICIAL POR  
DECRETO PRESIDENCIAL DEL 27 DE ABRIL DE 1981



**ELIMINACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL Y ECOLÓGICO POR  
LA GENERACIÓN DE RESIDUOS ESPECIALES, A TRAVÉS DE LA  
CREACIÓN DE UN SUBPRODUCTO UTILIZABLE EN EL  
CONCRETO**

ESTUDIO DE CASO

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN ALTA DIRECCIÓN**

PRESENTA

**MANUEL HUMBERTO ORTIZ MARTÍNEZ**

ASESOR

**DR. CARLOS LÓPEZ MONSALVO**

LEÓN, GTO.

2022



# INDICE

INDICE DE TABLAS.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ÍNDICE DE IMAGENES.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
I INTRODUCCIÓN .....	6
II ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL CASO.....	7
2.1 Historia de la Empresa.....	7
2.2 Modelo de Negocios .....	8
2.3 Productos o Servicios de la Empresa.....	10
2.4 Perfil estratégico .....	11
2.5 Estructura de la Organización.....	13
III CONTEXTOS .....	14
3.1 Análisis Externo de la Empresa .....	14
3.1.1. Político .....	14
3.1.2. Económico.....	15
3.1.3. Social.....	17
3.1.4. Tecnológico.....	19
3.1.5 Ambiental.....	20
3.1.6 Legal .....	21
3.2 Análisis Interno de la Empresa .....	22
3.2.1. Análisis FODA.....	22
3.2.2. Matriz de Evaluación de Factores Internos (MEFI).....	24
3.2.3. Matriz de Evaluación de Factores Externos (MEFE).....	24
IV SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....	26
4.1 Planteamiento de la Situación, Problemática.....	26
4.1.1 Objetivos .....	27
4.1.2. Justificación.....	27
4.2 Causas del Problema.....	28
4.3 Consecuencias del Problema.....	29
V ANÁLISIS DE DIFERENTES PROPUESTAS DE SOLUCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA SUGERIDA .....	31
5.1.1. Reutilización de recursos. ....	31
5.1.2. Concreto Hidráulico. ....	32
5.1.4 Administración de Operaciones. ....	36

5.1.5 Empresas Tipo B .....	37
5.2 Desarrollo de la Propuesta de Solución .....	38
5.2.1. Lavado de Concreto Devuelto para su Reciclaje. ....	38
5.2.2. Trituración de Escombros.....	40
5.2.3. Concreto Deshidratado.....	41
5.3. Desarrollo de la Propuesta .....	45
5.3.1. Subproducto en Bases y Subbases Hidráulicas. ....	45
5.3.2 Subproducto para uso de agregado en mezclas de concreto .....	46
VI CONCLUSIONES .....	51
REFERENCIAS .....	55
Apéndice.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ANEXO .....	61

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz MEFI Tabla de elaboración propia .....	23
Tabla 2 Matriz MEFE Tabla de elaboración propia .....	24
Tabla 3 agregado de concreto Norma control Cemex .....	32
Tabla 4 Valores a cumplir para bases hidráulicas .....	35
Tabla 5 Comparativa de los indicadores .....	44
Tabla 6 Análisis de beneficio .....	49
Tabla 7 Beneficio potencial en el margen de contribución .....	50

## **INDICE DE IMÁGENES**

Imagen 1. Organigrama .....	12
Imagen 2 Indicador trimestral de la actividad económica estatal, actividades secundarias .....	16
Imagen 3. Análisis Pestel .....	21
Imagen 4. Diagnóstico FODA .....	21
Imagen 5. Esquema de estructura de pavimentos flexibles y rígidos .....	33
Imagen 6. Lavadora de concreto hidráulico .....	37
Imagen 7. Planta de trituración de escombros .....	39
Imagen 8. Planta de trituración de escombros .....	42
Imagen 9. Resistencia a compresión .....	46
Imagen 10. Resistencia a compresión repetibilidad .....	47

# I INTRODUCCIÓN

Cemex es una empresa con más de 116 años de historia en la industria de la construcción, que se ha caracterizado por ser un referente en el segmento, en la creación de nuevas tecnologías en el cemento y concreto, así como interacción en medios digitales masivos y B2B que han ayudado a mejorar el desarrollo de las comunidades y ciudades, firme en su gobernanza e integridad generando valor en sus clientes, empleados, socios y comunidades, fortaleciendo el crecimiento y sostenibilidad. Con altos estándares de calidad en los productos, contribuyendo a la seguridad de las obras y con un enfoque de equidad y responsabilidad social.

Uno de los retos más importantes a los que se enfrentan las empresas en México es generar negocios sostenibles y a su vez rentables, por lo que optimizar los recursos y generar la menor cantidad de desperdicios se ha vuelto de suma importancia para todas las industrias. El adaptarse rápidamente a las nuevas demandas, necesidades y tendencias de los consumidores ofreciendo productos que sean diferenciados por el valor que generan a sus clientes en los proyectos, procesos y construcción de las obras han hecho que se desarrollen productos y se enfoque a la resolución de nuevas tecnologías circulares.

Un problema que los productos de concreto no han sabido resolver y que se han convertido en afectaciones al medio ambiente y en la seguridad industrial dentro de las plantas productoras de concreto, es la generación de residuos y de escombros ocasionado antes, durante y/o después de la fabricación de concreto ocasionando un impacto ambiental con altos volúmenes de escombros, desperdicios y material no reutilizable que afectan en el lugar donde se realiza la disposición final de este residuo. Es aquí donde cobra importancia el resolver de una manera holística la mitigación en el impacto a través de un proceso altamente escalable.

El poder encontrar soluciones a este problema desde su raíz, que permita erradicar a la industria la generación de residuos o darle un segundo uso es una de las preocupaciones más importantes a los que se enfrentan los fabricantes de concreto, un producto que no afecte la calidad, durabilidad o desempeño, sino que al contrario tenga propiedades mínimas iguales al estándar de materias primas utilizadas por la

operación. Si se soluciona el beneficio al medio ambiente tendrá trascendencia significativa y será un parteaguas para la industria, ya que el impacto que genera el escombros al medio ambiente es alto en su disposición final.

Si se genera un nuevo proceso fácil, económicamente viable que ayude a resolver la generación de residuos y que pueda crear un producto de bajo costo reutilizable con un alto nivel de desempeño y especificación, podrá mitigar el impacto que se ha dado por años y con esto poder detener el daño que por décadas ha realizado esta industria. Si bien es casi imposible resolver los problemas que generan la generación de escombros, el poder darle un segundo uso a este material sin poner en riesgo el desempeño de elementos estructurales, funcionales o de servicios reduciendo el consumo de otros productos para aminorar el impacto ambiental.

## **II ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL CASO**

### **2.1 Historia de la Empresa**

CEMEX es fundada en 1906 con la apertura de la planta Cementos Hidalgo en el norte de México, creando en 1920 cementos portland Monterrey siendo la primera compañía en construir una planta cementera vía seca en México fusionándose 10 años después bajo el nombre de Cementos Mexicanos S.A. Entre 1963 y 1976 CEMEX realiza un plan de expansión muy ambicioso, comprando Cementos Maya, Cementos Portland del bajío y cementos Guadalajara y abre plantas en Ciudad Valles y Torreón, teniendo con esto cubierta la mayor parte del territorio mexicano. En la década de los años ochenta compra Anáhuac y Tolteca. (CEMEX,2022)

En 1986 apertura de la nueva planta en Huichapan con la más alta tecnología llegando a volúmenes de producción de casi 11 millones de toneladas de cemento al año, consolida su presencia internacional apuntalada con coinversiones de cementeras norteamericanas. En 1992 inicia su expansión internacional en el mercado europeo con la adquisición de Valenciana y Sansón, las dos compañías cementeras más grandes de España, en 1994 inicia operaciones en Sudamérica al adquirir Vencemos y en Centroamérica al adquirir Cemento Bayano en Panamá y establece su programa de ecoeficiencia al desarrollo sustentable. (CEMEX, 2022)

Entre 1995 y 1997 adquiere Cementos Nacionales República Dominicana, Cementos diamante y Samper en Colombia y Rizal Cement en Filipinas, convirtiéndola en la tercera cementera más grande del mundo. En 1999 se adquiere PO de Filipinas, y aumenta su inversión en Rizal Cement. Ese año, al comprar Assiut Cement Company, la cementera más grande en Egipto comenzando operaciones en África, reforzando su presencia con la compra de Cementos del pacífico la mayor cementera Costa Rica, finalizando este año con la introducción de sus acciones en la Bolsa de Valores de Nueva York, bajo el símbolo de pizarra "CX".

En 2000, CEMEX se convierte en el productor de cemento más grande de Norteamérica al adquirir Southdown, Inc. en los Estados Unidos. Lanzando CEMEX Way, iniciativa para identificar, incorporar y ejecutar en forma estandarizada las mejores prácticas a través de toda la organización. En 2006 duplica su tamaño con la adquisición de RMC, sumando operaciones en 20 países adicionales, principalmente Europa y un año después compra la cementera Rinker, acción que metería a la compañía en serios problemas financieros por la recesión de 2008 en USA, situación que estabilizará en 2010 al reestructura la deuda. (CEMEX,2022)

## **2.2 Modelo de Negocios**

CEMEX es una empresa productora y comercializadora de cemento, agregado, aditivos y concretos, que ofrece soluciones integrales al segmento de la construcción en 50 países a través de negocios inclusivos y sostenibles. Desarrollando productos de nueva generación, innovadores y vanguardistas que generan un valor agregado a los clientes, entregando asesoría y respaldo técnico desde la concepción del proyecto hasta su ejecución, buscando permear y dar productos diferenciados para los segmentos y subsegmentos mejorando la comunicación mediante plataformas digitales *bussines to bussines*.

CEMEX cuenta con una capacidad instalada de 64 plantas de cemento y moliendas, con 92 millones de toneladas de capacidad anual de producción en sus distintos tipos de cemento. Capaces de abastecer a sus 1,348 plantas de concreto premezclado en todo el mundo. Las plantas de concretos producen 47 millones de

m<sup>3</sup>, volumen de ventas anuales de concreto premezclado. Con 246 canteras de agregados instaladas en más de 50 países, produciendo 133 millones de toneladas, volumen de ventas anuales de agregados. Tiene 269 centros de distribución terrestres y 68 terminales marítimas (CEMEX,2022).

A través de su centro de innovación y desarrollo ha buscado crear productos, procesos y métodos de diseño que resuelvan las necesidades y problemáticas del mercado, así como desarrollar a sus distribuidores a profesionalizar sus negocios a través de los diferentes programas para los construramas como lo es “ El sello de la casa” y para el segmento industrial por la certificación “C-Pro”, certificación de mejora técnica, aseguramiento de calidad y estandarización de procesos productivos de acuerdo con las mejores prácticas de la propia compañía y de la industria.

Desde hace más de 24 años CEMEX ha impulsado activamente el desarrollo de productos, servicios, y soluciones sostenibles para la construcción a través del “Centro de Innovación y Desarrollo”, en donde agrega valor a las obras de los clientes. Ubicada en la Ciudad de México es el rector de calidad de productos de concreto, donde se da servicio a todas las operaciones de CEMEX, tanto en México, como en Centro, Sudamérica y el Caribe, manteniendo una estrecha coordinación con Centro de Investigación Global ubicado en Suiza, con el propósito de seguir innovando para construir un futuro sostenible (CEMEX, 2022).

Este mismo centro se encarga de la innovación en concretos sostenibles, reduciendo la huella de carbono gracias a nuestros productos con propiedades Vertua, así como con concretos fabricados a base de materias primas recicladas, desechos y subproductos de otras industrias. Responsable del desarrollo de 14 familias de concreto únicas en el mercado, el primer cemento repelente de agua en la industria (Impercem) así como el primer cemento que reduce más del 50% en la emisión de CO<sub>2</sub> en su proceso de fabricación, bajo la declaratoria y compromiso de llegar a cero emisiones en 2050.

Para el segmento de constructores CEMEX ha implementado modelos de negocios que le permite conocer, entender y resolver las necesidades de sus clientes, en todo el proceso de interacción Cliente-CEMEX, ofertando soluciones a través de la fuerza comercial y de departamentos internos especializados en resolver las necesidades de sus clientes por medio de la profesionalización, uno de los departamentos que el cliente ha identificado como los de mayor valor es el equipo de “Soluciones integrales”, los cuales optimizan, diseñan y ejecutan proyectos con altos estándares de calidad, enfocados en la durabilidad y niveles de servicios alto para sus clientes.

Para el segmento de constructores CEMEX ha implementado modelos de negocios que le permite conocer, entender y resolver las necesidades de sus clientes, en todo el proceso de interacción Cliente-CEMEX, ofertando soluciones a través de la fuerza comercial y de departamentos internos especializados en resolver las necesidades de sus clientes por medio de la profesionalización, uno de los departamentos que el cliente ha identificado como los de mayor valor es el equipo de “Soluciones integrales”, los cuales optimizan, diseñan y ejecutan proyectos con altos estándares de calidad, enfocados en la durabilidad y niveles de servicios alto para sus clientes.

### **2.3 Productos o Servicios de la Empresa**

CEMEX cuenta con la más alta tecnología de cementos que solucionan y dan valor a los procesos constructivos de todos sus clientes, así como la gama de concretos especiales más amplia del mercado, venta de agregados, aditivos y asesorías técnicas para el desarrollo de negocios de construcción y soluciones de proyectos con la plataforma de servicio digital líder en el mundo, cuenta con un centro innovación y desarrollo único en el país que genera investigación, desarrollo de nuevos productos e innovación para la industria de la construcción. Entre los polvos que se distribuyen en el mercado se encuentran:

- Cemento Extra (reducción de 80% en aparición de grietas)
- Impercem, primer cemento impermeable del mercado
- Mortero de albañilería
- Cemento Blanco

- Cemento Multiplast.

CEMEX tiene una gama especializada de productos de concretos con 15 familias de productos patentados y de una alta tecnología únicos en el mercado, productos que mejoran el desempeño de las estructuras, en función de la durabilidad, apariencia, nivel de servicio y sostenibilidad los cuales son: Vertua, Aparentia, Biocrete, Duramax, Evolution, Fortis, Hidratium, Impercem, Ingenia, Density, Pavicrete, Pisocrete, Promptis, Reducrack y Pervia. Incluyendo su lanzamiento más reciente “CEMEX GO” la primera herramienta digital del segmento enfocada a mejorar la experiencia de los clientes en la interacción B2B.

La más reciente tecnología puesta en el mercado, CEMEX Go, genera una mejor experiencia digital para los clientes de la compañía, con un sistema que simplifica la manera de interactuar en varios procesos, optimizando, rastreando y administrando de forma segura cada paso de sus operaciones, desde la compra hasta el pago de facturas. Permitiendo a los clientes tener más control al realizar pedidos, rastrear las entregas de sus productos, conocer sus consumos históricos, volúmenes y tipos de materiales, así tener su estado de cuenta con un solo click, ayudándoles a mejorar su administración e información.

CEMEX no solo se ha enfocado en generar productos con altos estándares de calidad que superan a los productos que se ofrece en la industria, si no que ha trabajado fuerte en convertirse en un socio comercial que le ayude a sus clientes a solucionar problemas y reducir costos, es por esto que el Equipo de Transferencia de Tecnología y Soluciones Integrales realizan asesorías e ingeniería de valor que van desde optimizar diseños de pavimentos, diseños de pisos industriales, racionalización de acero para edificación vertical y vivienda en serie, así como ayudar a los clientes a mejorar sus procesos constructivos.

## **2.4 Perfil estratégico**

**Misión** “Crear valor sostenido al proveer productos y soluciones líderes en la industria para satisfacer las necesidades de construcción de nuestros clientes en todo el mundo” (CEMEX,2022)

## **Valores**

- Garantizar la Seguridad
- Enfocarse al Cliente
- Buscar la Excelencia
- Trabajar como un sólo CEMEX
- Actuar con Integridad (CEMEX,2022)

## **Objetivos:**

Lograr cero accidentes y fatalidades de manera constante por todo el año, recuperar el retorno de inversión y ser líder mundial del segmento en el mercado a través de un enfoque sostenible y contribuyendo a construir un mejor futuro. Alineando nuestros esfuerzos en 5 grandes prioridades:

- Seguridad
- Enfoque al cliente
- Sostenibilidad
- Desarrollo de nuevos productos
- Dar valor a nuestros accionistas recuperando nuestro grado de inversión

## 2.5 Estructura de la Organización

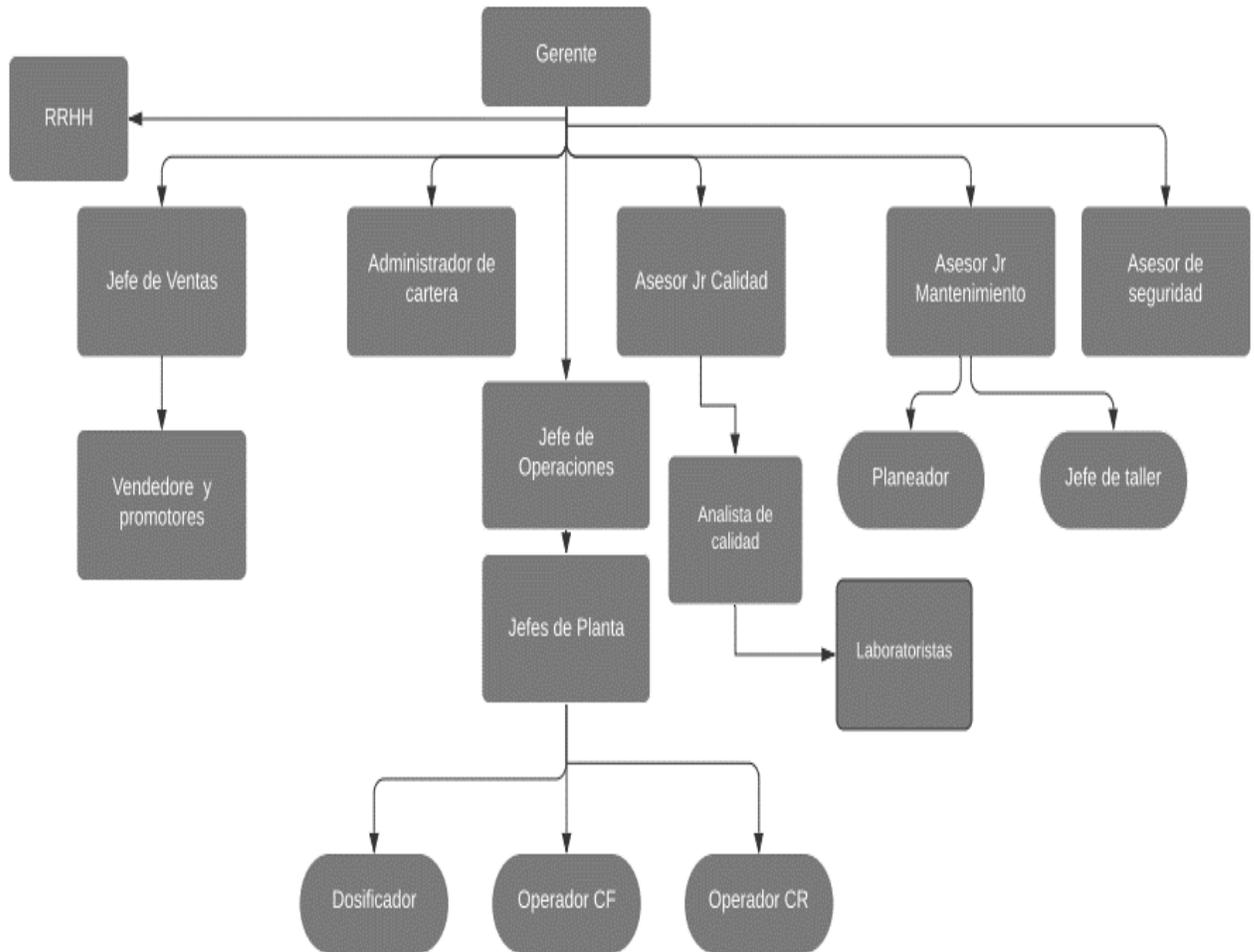


Imagen 1. Organigrama. Elaboración propia.

## III CONTEXTOS

### 3.1 Análisis Externo de la Empresa

#### 3.1.1. Político.

El Gobierno Federal tiene atención al crecimiento del sur y centro del país, dejando atrás los de infraestructura del resto de la república, el asistencialismo se enfocará en apoyos a la autoconstrucción, los gobiernos estatales tendrán que ser muy creativos y hacer política para resolver sus problemas internos de infraestructura. Dentro de sus compromisos de campaña y de gobierno están construcción de uno nuevo en la base militar de Santa Lucía; la edificación de la Refinería de Dos Bocas, en Tabasco (su tierra natal) y la construcción del Tren Maya, su obra insignia, con la que llevaría el progreso al sur del país (Albarrán, 2021).

Rezago en la inversión de obra pública en el año 2020, mermando el desarrollo del estado, dejando de ser atractiva para la inversión y llegada de nuevas compañías trasnacionales al estado de San Luis Potosí, viendo afectada su infraestructura y las vías que faciliten el comercio, siendo el sector de construcción el más afectado. El gobierno estatal operó durante 2020 con un presupuesto disminuido en 900mdp, desde su autorización por el H. Congreso del Estado a finales del año pasado, y el impacto directo de ello obligó a dejar fuera del presupuesto un sólido paquete de obras públicas ya programadas (Juan Carreras, 2020).

Los retos de la administración del Estado de San Luis Potosí en materia de responsabilidad financiera son: fortalecer la recaudación de ingresos propios; adoptar estrictas medidas de contención del gasto de operación, sin menoscabo del cumplimiento de los programas presupuestarios, principalmente en materia de educación, salud y seguridad pública. El gobierno abierto es un nuevo modelo de gestión que busca transformar la relación Gobierno-sociedad, basado en cuatro principios básicos: participación ciudadana, transparencia, innovación y rendición de cuentas (Juan Carreras, 2020).

En términos de política pública, uno de los principales desafíos es ayudar a cultivar el interés de los inversionistas locales en las innovaciones realizadas en el Estado; se requiere que las instituciones comprendan mejor las necesidades del interés del sector. La inversión que las empresas realizan en pro de la innovación conjunta ha demostrado ser una alternativa eficaz, pero aún falta aprovechar plenamente el potencial de innovación empresas en materia de recursos renovables, por lo que es recomendable ampliar el rol intermediario de las agencias gubernamentales que participan en la innovación con la iniciativa privada (Juan Carreras, 2020).

### **3.1.2. Económico.**

Tras la llegada de nuevas inversiones en el estado en el sector industrial el segmento de la construcción toma un gran auge en la construcción de naves por parte de los inversionistas y del gobierno desarrollar infraestructura vial, carretera y vivienda, San Luis Potosí se posicionó en el primer lugar regional en inversión extranjera directa, al registrar más de 19,680 millones de dólares, seguido de Jalisco con 17,561 millones de dólares, de acuerdo con datos compartidos por Gustavo Puente Orozco, Secretario de Desarrollo Económico (SEDECO). (Mexico Industry, 2020).

Según datos que muestran indicadores como el Producto Interno Bruto [PIB], la inflación y el empleo en 2020, los resultados son los siguientes: México puede terminar con una tasa de crecimiento de 4.7% en 2021; tomando a San Luis Potosí como ejemplo, el PIB local crecerá 5.3%, que es similar a la del Bajío, las demás entidades son similares e incluso superan la media nacional. Por otro lado, se espera que el PIB mundial crezca un 5,5% para 2021. Así pues, se estima que las economías avanzadas crecerán un 4,9% en 2021, mientras que las economías emergentes crecerán un 6,3% (INEGI. Censos Económicos 2020).

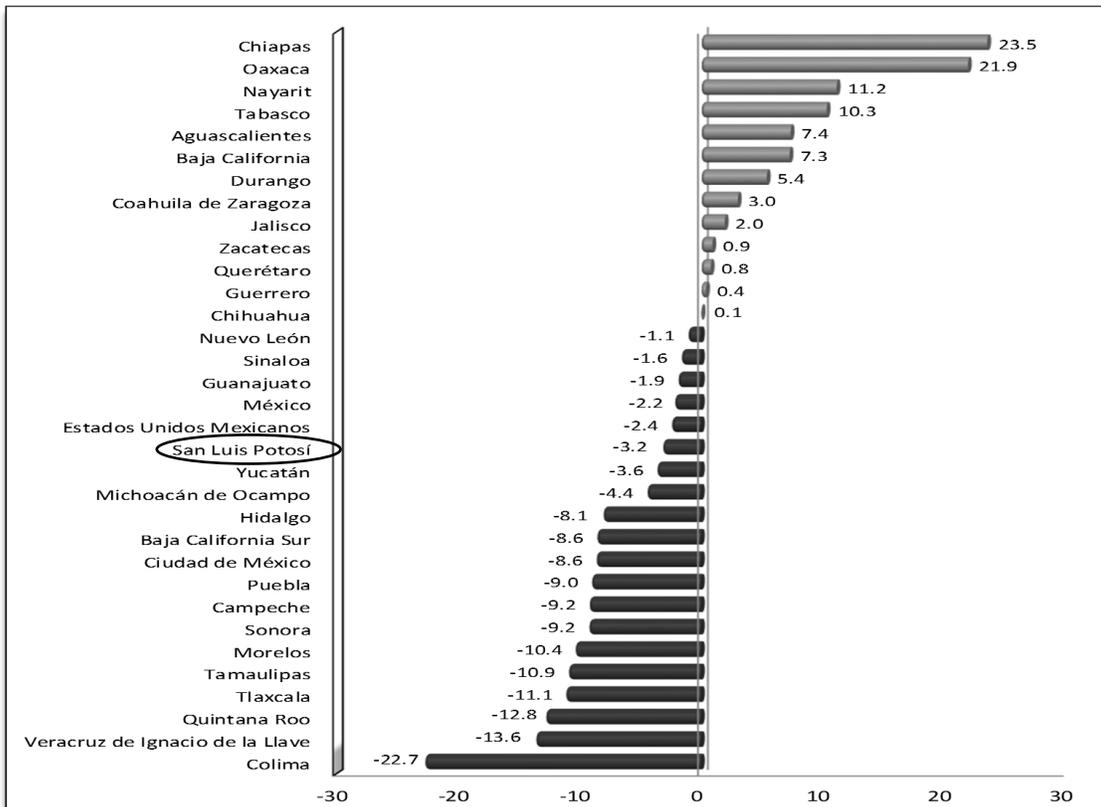
Se espera que la economía global crezca un 4,0% en 2022. Impulsado por la demanda externa, el crecimiento de la industria manufacturera favorece la recuperación general de la industria manufacturera exportadora. Al mismo tiempo, debido a la baja vitalidad del mercado interno, las entidades más diversificadas han

experimentado algún rezago. En este sentido, los estados donde la industria terciaria es el principal eje económico han pospuesto el crecimiento por retrocesos en la apertura de servicios y comercio, y estos sectores están altamente expuestos a Covid-19. (Deloitte, 2020).

Si bien hay cuatro importantes proyectos de infraestructura asegurados en San Luis Potosí este año, todavía hay muy poca inversión en el estado, por lo que el panorama económico de la industria de la construcción aún es muy incierto, porque actualmente solo se tienen cuatro importantes inversiones para restaurar y generar. A saber, la primera fase de la Vía Alternativa a la zona industrial, la construcción de la carretera de circunvalación de Ventura a El Peyote y la carretera de circunvalación de La Pitahaya a El Peyote. Libramiento Oriente, y continuar con la modernización de la carretera Valles-Tamazunchale. (Juan. Carreras, 2020).

Además de estos proyectos, se deben completar los proyectos que ya se han iniciado, como el Puente Periférico y Avenida Industrias, así como la ampliación del Puente Pemex; sin embargo, el plan de desarrollo urbano municipal debe estar preparado, porque el desencadenamiento de la construcción de viviendas permitirá reactivar la economía de San Luis Potosí. Cabe recordar que, en comparación con el presupuesto de 2020, el presupuesto de gasto federal se ha reducido en aproximadamente un 6%, lo que tiene un gran impacto en San Luis Potosí, porque ahora la inversión en el Estado se ha reducido en un 24%, lo que significa menos puestos de trabajo. (Juan. Carreras, 2020).

En el primer trimestre de 2021 la variación anual del total de la economía para el estado de San Luis Potosí fue de (-)2%, ocasionado por las Actividades Secundarias y Terciarias que decrecieron (-)3.2 y (-)2.8%, respectivamente; mientras que, las Primarias crecieron 24.3 por ciento. (INEGI, 2021), Números que dan sentido con la recesión de la obra industrial desde el segundo semestre de 2020, se detuvieron obras principales como la ampliación de la planta de GM y modificaciones en planta BMW, de igual manera las plantas satélites para la industria automotriz se mantienen detenidas por una falta de repunto en el crecimiento de la industria.



**Imagen 2.** *Indicador trimestral de la actividad económica estatal, actividades secundarias (Variación porcentual real con respecto al mismo periodo del año anterior) (INEGI, 2021)*

Después de recibir una administración con 17 mil millones de pesos de deudas, y con una inversión en infraestructura de apenas mil 200 millones anuales, ahora se tiene la meta de invertir 3 mil 600 millones, para de esa forma competir con Estados como Querétaro, Guanajuato y Aguascalientes, que durante los últimos años invirtieron más de 3 mil millones anuales en el rubro (SDSL, 2022). Si bien las declaraciones del actual Gobernador de San Luis Potosí son alentadoras, la realidad es que al día de hoy no hay aún un plan concreto de infraestructura, lo que sigue generando una gran incertidumbre para los inversionistas.

### 3.1.3. Social.

La falta de infraestructura vial, calles pavimentadas, vivienda digna y espacios de esparcimiento se encuentran íntimamente ligadas con la inseguridad y los temas de salud que afectan a esta entidad, con una deficiencia en el equipamiento urbano

que facilite la circulación de patrullas y la mala iluminación que incrementa el riesgo de sufrir robos y asaltos. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI), en su Encuesta Nacional de Calidad e Impacto Gubernamental, arrojó que, durante el 2019, la inseguridad y la delincuencia fueron las principales situaciones que aquejan a SLP, seguida de la corrupción y desempleo (El Universal, 2020).

Enrique Galindo Ceballos, alcalde electo de San Luis Potosí, reconoció que los dos temas que se debaten el primer lugar para atender una vez que tome protesta como presidente municipal serán el abasto de agua y la seguridad pública de los potosinos (La Orquesta, 2021). La necesidad de la sociedad de poder crecer y propiciar riqueza económica esta soportada por la percepción y nivel de seguridad en la ciudadanía, el abasto de agua y de cumplimiento del suministro de este vital líquido cuidando los recursos y evitando la sobreexplotación para abastecer las necesidades de la industria y de los ciudadanos son el problema para resolver.

Del 2018 al 2020, la población en situación de pobreza aumentó de 41.9% a 43.9%; el número de personas en pobreza pasó de 51.9 a 55.7 millones de personas. La población en situación de pobreza extrema aumentó de 7.0% a 8.5% entre 2018 y 2020. Es decir, el número de personas en pobreza extrema aumentó de 8.7 a 10.8 millones de personas (Mares, 2021). Es aquí donde la responsabilidad social de las compañías, su ética y gobernanza juegan un papel primordial, entendiendo que el crecimiento de su compañía está ligado a las condiciones de riqueza de la nación, buscando el equilibrio entre generar riqueza, mantener recursos e igualdad.

El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años (ONU, 2015). Para poder alcanzar estos objetivos es necesaria la participación de los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil. La responsabilidad no es únicamente de un solo ente, sino del interés y participación de todos, enfocados a preservar los recursos para un bien superior.

#### **3.1.4. Tecnológico.**

El desarrollo de tecnología en productos para la construcción con baja emisión de CO<sub>2</sub>, reducción de huella hídrica y de bajo impacto ambiental ha sido un rezago importante entre los principales productores y un reto ambicioso al 2050. El término edificio sustentable se refiere a la utilización de materiales y prácticas respetuosas con el ambiente en la planeación, el diseño, la ubicación, construcción, operación y demolición de un edificio. Se aplica tanto a la renovación y el reacondicionamiento de edificios preexistentes como a la construcción de nuevos edificios. (Carlos Morillón, 2020).

El lado optimista es que una vez que se restablezcan las condiciones del mercado, el país podrá reanudar la producción con una gran cantidad de capacidad instalada, pero es importante recordar que el espíritu de la época es aumentar los costos de generación de energía, extender la vida de las centrales eléctricas, y devolver el monopolio de la generación de energía a una sola familia, empresa estatal, que obviamente viola los tratados internacionales a los que México se ha adherido. Por tanto, la recuperación de San Luis Potosí y de todo el país puede retrasarse durante décadas. (Deloitte, 2020).

Debido a la instalación de empresas multinacionales y la instalación de nuevas cadenas industriales que les brindan productos y servicios, la cooperación entre los gobiernos estatal, federal y la industria se ha incrementado en los últimos años para encontrar alternativas y manejo adecuado y disposición final de daños y perjuicios y no -productos tóxicos, dañan los residuos industriales y se descargan a la atmósfera. A través del plan de inspección permanente se monitorea y supervisa la actividad industrial y se busca el desarrollo de las entidades desde la perspectiva del desarrollo sustentable. (Mexico Industry. 2020).

El actual gobierno, a través de su impulso al desarrollo económico, se adhiere a su estrategia de atracción de inversiones en energías limpias, principalmente fotovoltaica y eólica, para consolidar la entidad como polo de desarrollo sostenible. En la actualidad, el país cuenta con tres parques solares y tres parques eólicos, que

utilizan 5,4 horas de exposición al sol y flujo de aire por día, lo que es más alto que el promedio nacional. Se pretende que al concluir el año 2021, San Luis Potosí generará hasta 1,69 megavatios de generación eléctrica, un 900% más que hace tres años. (Juan.Carreras, 2020).

### **3.1.5 Ambiental.**

La información dispuesta para esta revisión de literatura deja entrever que los residuos de construcción y demolición [RCD] tienen una denotación importante a nivel mundial pues, según el estudio de Jianguo (2018) se demuestra que los RCD representan aproximadamente el 35% de todos los residuos globales y el 70%, 50%, 44%, 36% y 30% del total de residuos en países como España, Reino Unido, Australia, Japón e Italia, respectivamente (Puerta, 2019). El impacto ambiental que genera el manejo de residuos especiales procedentes de la construcción es demasiado alto y aún no existen métodos que lo mitiguen.

cuando los RCD se depositan en un área que no cuenta con las especificaciones técnicas de un sitio de disposición final, genera alteraciones al medio como son: contaminación visual y del suelo, malos olores, generación de vectores nocivos y degradación del recurso hídrico, entre los más significativos. Generando impactos negativos sobre el medio ambiente como contaminación del agua y del suelo, contaminación del aire, cambio climático y efectos adversos sobre la flora y la fauna, afectando también la economía como la pérdida de recursos primarios, efectos P sobre el turismo y sobre todo el tema de la salud (Puerta, 2019).

Un impacto ambiental que debemos considerar es la sobre explotación de minas de agregados, generalmente a cielo abierto, por los grandes desperdicios de concreto generados en la industria antes, durante y/o después de la ejecución de las obras, llámese concretos demolidos o concretos desperdiciados. El Código de Minas regula las relaciones entre los organismos y entidades del Estado, sobre las actividades de prospección, exploración, explotación, beneficio, transporte, aprovechamiento y comercialización de los recursos no renovables que se encuentren en el suelo o subsuelo, propiedad de la nación (Luna, 2015).

### **3.1.6 Legal.**

El impuesto verde consiste en aplicar 1.5 UMAs, equivalentes a \$134 pesos, por cada tonelada de material que extraigan las pedreras o por cada tonelada de contaminante que emitan 260 fábricas y 22 pedreras. El Horizonte publicó el martes que los precios de los materiales para construcción se dispararon desde un 10% hasta un 60%; esto –según empresarios del ramo– se debe al cobro del llamado “impuesto verde” que comenzará a aplicar el gobierno estatal (Tovar, 2022). El impacto ambiental por la extracción de agregado comenzará a tener repercusiones fiscales y en caso de incumplir se generarán sanciones legales para reducir el daño.

La contaminación al suelo, subsuelo y al agua, residuos sólidos, el control de volúmenes especiales que nos avientan ahí a los rellenos sanitarios, fábricas que están por metro cúbico aventando a nuestros ríos, Santa Catarina, Potosí, aceites, jabones, esas van a empezar a pagar y remediar el daño que le hacen al ecosistema; por eso a ellos se les va a cobrar 1.10 cuotas (García, 2021). La disposición final de los residuos especiales ha ocasionado un gran daño ambiental, razón por la cual comienzan a generarse sanciones por una mala práctica, desde multas cuantiosas hasta privación de la libertad por reincidir con las acciones.

El análisis PESTEL, es una metodología fácil de elaborar que tiene como fin dar una clara visión de las características de su entorno, información indispensable a tomar en cuenta para la elaboración de planes estratégicos de mediano y largo plazo, un plan de negocios, un plan de marketing entre otros. PESTEL permitirá identificar las fuerzas a nivel micro y macroeconómico puedan influir sobre la compañía y con esta información analizar la viabilidad a la propuesta de generar un proceso de recuperación de material. PESTEL es un acrónimo de análisis, Político, Económico, Social, Tecnológico, Ecológico y Legal.

Político	Económico	Social	Tecnológico	Ecológico	Legal
<b>P</b>	<b>E</b>	<b>S</b>	<b>T</b>	<b>E</b>	<b>L</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Gobierno municipal con adeucos y con apuesta a la infraestructura de obra pública.</li> <li>-Expectativas positivas por cambio de gobierno estatal,</li> <li>-Municipio firmo convenio de Malaga ODS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Crisis económica (COVID-19).</li> <li>-Reducción en obras del sector público/privado (segmento industrial) - --Decremento -3.2% (Semi conductores).</li> <li>-Crecimiento subsegmento comercial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta de seguridad pública.</li> <li>-Cultura de consumo con sistemas tradicionales de construcción.</li> <li>-Actitudes (salud, conciencia ambiental, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Nuevas tecnologías para la fabricación del cemento-concreto</li> <li>-Necesidad de nuevos productos</li> <li>-Nuevas tecnologías de información B2B</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-ODS-ONU</li> <li>-Cambio climático</li> <li>-Regulaciones de contaminación del aire y el agua en la industria del cemento</li> <li>-Reciclaje</li> <li>-Gestión de residuos en el sector de bienes industriales</li> <li>-Tendencia hacia los productos "verdes" o ecológicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Normativas que regulan la industria del cemento</li> <li>--Derecho de autor, patentes / propiedad intelectual</li> <li>-Leyes de anti soborno</li> <li>-Nuevo Reglamento de Desarrollo Urbano</li> <li>-Leyes ambientales</li> </ul>

Imagen 3. *Análisis PESTEL*, Elaboración propia.

## 3.2 Análisis Interno de la Empresa

### 3.2.1. Análisis FODA.

De acuerdo con la imagen 4, el análisis FODA que se presenta parte del análisis de la marca en el segmento de construcción, basando su principal línea a seguir el mercado de San Luis Potosí, teniendo en cuenta la capacidad instalada, tecnología de productos, certificaciones en procesos y laboratorios, así como la influencia y peso de la marca en el mercado. Sumado al contexto del entorno, económico, político y social, considerando la situación actual del país, del estado y del municipio, conociendo a fondo el mercado, competencia y basado en los estadísticos de los últimos 10 años del comportamiento de la plaza.

Para poder realizar un análisis FODA de manera adecuada se tendrá que tener bajo consideración el conocimiento y comportamiento del contexto, que permita evaluar la mayor cantidad de variables que impacten y puedan poner en riesgo la operabilidad de la compañía, utilizando la herramienta de PESTEL para dicho análisis, que a la par detecte escenarios que se van propiciando por los principales actores, teniendo la habilidad de identificar campos fértiles donde la participación y el costo de oportunidad sea el más alto, basándose en información actualizada que afecten al municipio, estado y país.

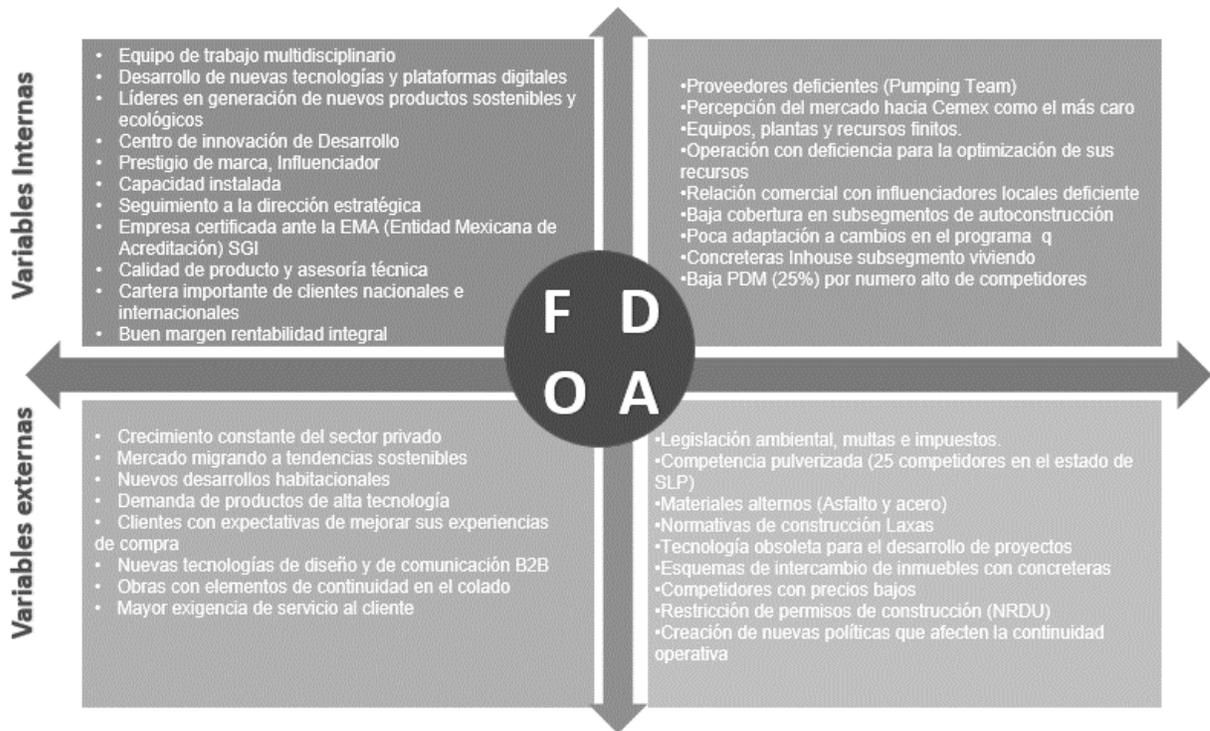


Imagen 4. Diagnóstico FODA. Elaboración propia.

Por lo que podremos concluir de este análisis FODA, el buscar aprovechar las oportunidades a través de las mejores de sus productos y procesos, identificando las oportunidades y las amenazas para trabajar en el interior y estar en un constante cambio, es así como nacen sus programas de mejora continua y el Centro de Innovación y desarrollo, enfocado a dar soluciones a oportunidades que se detectan en el exterior de compañía, desarrollando investigación y creación de nuevos productos cementicios, adicionantes para el concreto y soluciones específicas que ayuden a capitalizar lo observado en la industria.

Un área de oportunidad identificada es el uso de productos sostenibles e innovadores, el mercado esta habido de este tipo de materiales que pueda ayudar a la industria a reducir el impacto que genera en sus procesos constructivos para contribuir en crear construcciones sostenibles inspiradas en mantener una economía circular. Una amenaza que pone en riesgo la continuidad operativa es la legislación ambiental multas e impuestos, ya sea por clausura de plantas concretetera o por altos costos en el manejo de residuos especiales, obligando a la organización a desarrollar nuevos procesos para estar dentro de los nuevos marcos normativos.

### 3.2.2. Matriz de Evaluación de Factores Internos [MEFI].

FACTOR A ANALIZAR	PESO	CALIFICACIÓN	PESO PONDERADO
<b>FORTALEZAS</b>			
1. Equipo de trabajo multidisciplinario	0.1	4	0.4
2. Desarrollo de nuevas tecnologías y plataformas digitales	0.15	4	0.6
3. Líderes en generación de nuevos productos sostenibles y ecológicos	0.2	4	0.8
4.- Centro de innovación y desarrollo	0.05	2	0.1
5. Prestigio de marca (Influenciador)	0.1	3	0.3
<b>TOTAL PESO PONDERADO FORTALEZAS</b>			<b>2.2</b>
<b>DEBILIDADES</b>			
1. Proveedores deficientes	0.1	3	0.45
2. Percepción del mercado hacia CEMEX como el más caro	0.05	4	0.2
3. Equipos, plantas y recursos finitos	0.1	2	0.2
4. Operación con deficiencia para la optimización de sus recursos	0.1	3	0.15
5. Relación comercial con influenciadores locales deficiente	0.05	3	0.15
<b>TOTAL PESO PONDERADO DEBILIDADES</b>			<b>1.15</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>1</b>		<b>3.35</b>

Tabla 1. Matriz MEFI Tabla de elaboración propia.

En el análisis MEFI, tabla 1, se puede observar una diferencia significativa entre el valor de las fortalezas contra el de las debilidades, donde podemos inferir de manera contundente que si bien existen puntos a mejorar y subsanar son fácilmente soportadas por las fortalezas de la compañía, las cuales han sido desarrolladas por más de 100 años de estar en el mercado, mediante un fortalecimiento de productos, estrategia e innovación, un alto nivel de competitividad y su liderazgo en el ramo de la construcción a nivel mundial, convirtiéndose un referente y marcando tendencias siendo disruptivo.

### 3.2.3. Matriz de Evaluación de Factores Externos [MEFE].

FACTOR A ANALIZAR	PESO	CALIFICACIÓN	PESO PONDERADO
<b>OPORTUNIDADES</b>			
1. Crecimiento constante del sector privado.	0.15	4	0.6

2. Mercado migrando a tendencias sostenibles	0.2	4	0.8
3. Nuevos desarrollos habitacionales	0.1	3	0.3
4. Demanda de productos de alta tecnología	0.05	3	0.15
5. Clientes con expectativas de mejorar sus experiencias de compra.	0.05	2	0.1
<b>TOTAL PESO PONDERADO OPORTUNIDADES</b>			<b>1.95</b>
<b>AMENAZAS</b>			
1. Competencia pulverizada (35 en el estado de SLP)	0.1	4	0.4
2. Materiales alternos (Acero, Asfalto)	0.11	4	0.6
3. Normativas de construcción laxas	0.05	2	0.1
4. Tecnología obsoleta para el desarrollo de proyectos.	0.05	4	0.4
5. Legislación ambiental, multas e impuestos.	0.15	3	0.15
<b>TOTAL PESO PONDERADO AMENAZAS</b>			<b>1.65</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>1</b>		<b>3.6</b>

Tabla 2. Matriz MEFE Tabla de elaboración propia.

De los resultados obtenidos en análisis MEFE de la tabla 2, se puede inferir que si bien existen riesgos que complican la operación y que no deben perderse de foco, ni en riesgo la continuidad operativa y de presencia en los mercados, El peso ponderado en las oportunidades es mayor, lo que debe capitalizarse con la implementación de estrategias basadas en las fortalezas de la organización que le claridad en un plan estratégico integral, basando sus acciones inmediatas en la utilización de sus recursos para obtener ventaja y aprovechar las necesidades detectadas en el mercado para mantener el liderazgo de la marca.

## **IV SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

### **4.1 Planteamiento de la Situación, Problemática**

Una vez que se realizó el análisis FODA y PESTEL, se identifica una alta necesidad de comenzar a trabajar en desarrollar procesos que mejoren el desempeño ambiental y tecnológico, utilizar las fortalezas de la compañía como lo es el centro de innovación y desarrollo para llevar a cabo la investigación e implementación de nuevas medidas que le permita tener un doble impacto, por un lado reducir la generación de residuos especiales que puedan generar conflictos legales y por otro, lograr generar un subproducto derivado de los residuos de sus operaciones, que tenga igual o mejor desempeño que los actuales.

Los desechos generados por la producción de concreto en CEMEX a nivel nacional por concreto devuelto o desperdiciado, así como el producto de limpieza interior de los camiones revoladores que se alojan en la fosa de lavado son de aproximadamente 5% del volumen producido, manteniendo una relación directa entre el volumen producido y el escombros generado, siendo el equivalente a construir casi 10 estadios aztecas por año. El impacto ambiental que genera este residuo es considerable, teniendo en cuenta que la disposición final del residuo ocasiona daños al ecosistema.

Es común que el escombros formado en las plantas productoras de concretos no solo se deba a volúmenes grandes desperdiciados por no poder colocar el concreto en el elemento final, sino también el que se regresa en cantidades mínimas por algún remanente en el colado, así como el que queda pegado en las aspas del camión, almacenándose en la fosa de lavado donde los operadores realizan una limpieza y enjuague para evitar daños dentro del módulo de mezclado que perjudiquen la homogeneización futura de la mezcla, por lo que los residuos que se extraen de la fosa de lavado tienden a ser más del 50% del escombros.

Debido a esto, se busca generar un proceso altamente escalable, fácil y económicamente aplicable, que permita a la organización replantear la manera de tratar los concretos devueltos y residuos en todas sus plantas a nivel mundial,

buscando con esto reducir impacto ambiental y obtener un subproducto que pueda ser reutilizable en otros elementos, y que este material sea de condiciones iguales o superiores a los ya existentes, minimizando así la generación de residuos sólidos y convirtiendo un desecho en un producto que se alinee en su responsabilidad social y ambiental, contribuyendo a estar cerca de lograr tener una planta circular.

#### **4.1.1 Objetivos.**

- Establecer un nuevo proceso de recuperación de producto devuelto/desperdiciado en el 100% de las plantas de concreto a nivel nacional.
- Tener un proceso que permita generar un subproducto para la fabricación de nuevos concretos o nuevos materiales de construcción.
- Que el proceso propuesto reduzca el costo por retiro de escombros al menos en el 50% respecto al proceso que se lleva actualmente.
- Que el nuevo proceso no represente una inversión inicial para la compañía, por más \$0.50 MM por unidad de negocio.
- Obtener un producto que pueda competir en calidad a sus similares existentes en el mercado.

#### **4.1.2. Justificación.**

El concreto es el producto altamente perecedero en comparación con otros productos de la industria, pocos son los materiales que tienen tan poco tiempo de vida y caduca tan rápidamente. Una vez que se adiciona agua a la mezcla de un concreto convencional cuenta con un tiempo límite de 90 minutos para colocarse en el elemento final, de lo contrario comienza su fraguado y pierde sus propiedades físico-químicas. Por esto, cualquier error en obra, logístico, producción y/o programación, será causa de que el concreto sea devuelto y se convierta en desperdicio y escombros con altos costos en el manejo y disposición final.

Para CEMEX esta generación de residuos ocasiona impacto en las plantas en varios tenores, afectaciones directas a la operación por un reducido espacio de almacenamiento del desperdicio, problemas de seguridad en las zonas de lavado y fosa de escombros, imagen de la planta, orden y limpieza, costos de retiro de escombros, daño en el cargador frontal por manipulación del escombros, daños en los camiones revolventes en las zonas de lavado, pero sobre todo, un alto impacto ambiental por la disposición final del residuo y por el consumo de combustible en su transportación a los puntos de almacenamiento.

## **4.2 Causas del Problema**

Dos son los principales motivos por los cuales pueden terminar en desperdicio y que ocasionen que el concreto se convierta en escombros. La primera es por situaciones o problemas de los clientes, entre los que se encuentran: elemento no terminado, olvidar cancelar algún pedido, no contar con accesos para poder llegar al elemento, fallas en el proceso constructivo, cambio de último minuto en la especificación, poco personal para colocar el concreto entre otros. Lamentablemente este tipo de situaciones son complicadas de gestionar o anticiparse por el proveedor de concreto y dependen completamente del cliente.

La segunda y donde CEMEX tiene un amplio trabajo que realizar es por problemas del equipo que interviene en el proceso de programación y entrega del producto, los cuales están divididos en 7 rubros: Producción, mantenimiento, ventas, planeación y despacho, calidad, centro de servicio y servicio de bombeo. Múltiples factores intervienen en la correcta fabricación del concreto y en los últimos años se ha trabajado para identificar cuáles son las principales causas por área y realizar planes de acción que permitan tener control y anticiparse a futuros desperdicios, sin embargo, no han podido eliminarse por completo.

Las principales causas por área de concreto desperdiciado son: Producción; revenimiento, error en cantidades de dosificación, error en materiales dosificados, operador de camión revolvente perdido, siniestro con o sin responsabilidad y

ponchaduras de llantas por mala operación. Mantenimiento: falla mecánica de cargador frontal, falla mecánica de planta y fallas mecánicas de camión revolver. Ventas; error en programación del pedido por asesor comercial, hora, fecha, volumen, producto, y cliente, así como no validar accesos por donde pasaran los equipos y olvidar cancelar pedidos cuando el cliente se los solicitó.

Planeación y despacho; falta de seguimiento y duplicar asignación en cargas de pedidos, no colocar el pedido en la planta correcta, no asignar los recursos, omitir la asignación de equipo de bombeo a pedidos. Calidad; Mala liberación de pedido, duplicar aditivos manuales, formulación incorrecta, mal aspecto del producto, mal diseño del producto y concretos que no pueden bombearse. Centro de servicio; error de pedido por fecha, hora, producto, volumen, no cancelar pedido, duplicar pedidos. Servicio de bombeo; fallas mecánicas, bomba no llega, falta de tubería y/o accesorios, operador de bomba pluma extraviado.

### **4.3 Consecuencias del Problema**

La generación de producto devuelto y cancelado ha representado para CEMEX problemas de diferentes índoles, uno de los más significativos por la prioridad de la compañía es la seguridad, En los últimos 10 años el 30% de los accidentes e incidentes han ocurrido dentro sus instalaciones, siendo prioridad para la alta dirección minimizar los riesgos en sus unidades de negocio, identificando en las zonas de escombro una condición altamente insegura, afectando el desempeño de seguridad industrial. De esto la importancia de poder transformar el escombro en un material que pueda almacenarse con mayor facilidad y mitigue su potencial riesgo.

El resolver la generación de residuos sólidos por concretos desperdiciados, causa propia o de sus clientes en las instalaciones es una prioridad para la compañía, ya que el impacto y daño en los ecosistemas locales por la disposición final de los residuo especiales por no contar con un proceso que disipe la formación de escombro es alto, así como la sobre explotación de bancos de agregados por no poder optimizar el recurso pétreo y no aprovechar al máximo el material extraído de

las canteras, lo que se traduce en erosión de la tierra por no optimizar el uso de esta materia prima en la elaboración del concreto

Una vez que se generó el desperdicio dentro de las instalaciones, y se tiene un desecho industrial que no se puede reutilizar en otro proceso de la construcción o de alguna otra industria, el almacenamiento y disposición final de este escombro se convierte en un gran problema a resolver, causando conflictos no solo por el impacto ambiental en su disposición final, sino también en el costo elevado por la manipulación en su almacenamiento, carga, traslado y cualquier proceso en los bancos especializados y autorizados para la disposición final. Sumado el alto riesgo por ser acreedores a multas por parte del gobierno.

CEMEX tiene un alto compromiso con el medioambiente y a lo largo de su historia ha trabajado en resolver el impacto que generan sus operaciones, llámese huella hídrica, emisiones de CO<sub>2</sub>, disposición final de residuos, energía, entre otros. Además de tener una declaración de sostenibilidad a nivel global donde no solo busca reducir sus emisiones contaminantes, si no ser congruente con sus políticas de sostenibilidad, sin afectar a grupos de interés. Razón por la cual la generación de residuos sólidos juega un papel importantísimo para alinear los esfuerzos en pro de lograr los objetivos y compromiso ambiental declarados al 2050.

## V ANÁLISIS DE DIFERENTES PROPUESTAS DE SOLUCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA SUGERIDA

### 5.1 Reutilización de recursos.

El reciclaje está directamente relacionado con la ecología y sostenibilidad. Los seres humanos pueden utilizar los recursos proporcionados por la tierra y la naturaleza, y prometen no abusar de ellos ni causar daños importantes al medio ambiente natural. En la protección del medio ambiente, el reciclaje se considera un componente importante, y actualmente indispensable o necesario porque limita la contaminación y puede reutilizar continuamente diferentes recursos. Ahora sabemos por expertos que muchos elementos se pueden reciclar o reutilizar en diferentes circunstancias, siempre que no sean productos tóxicos o desechables (Virginie, Mael. 2011).

Por lo tanto, el reciclaje es importante, porque cuanto más material se recicla, menos material se desecha y se produce, lo que reducirá este continuo caos de manipulación de tantos desechos humanos, aunque no es suficiente por ahora. Reciclar es una tarea sencilla, pero también una tarea que ayude a cuidar la tierra. La separación de los desechos según sus materiales permite un uso secundario. Parte de las materias primas se utilizan y reciclan, y los materiales que ya no son útiles se convierten en nuevos materiales. De esta forma, ahorramos energía y materiales y evitamos la acumulación de basura (Virginie, Manuel. 2011).

Es importante precisar que el interés de tratar este tema no solo se ha considerado por abonar al planeta la idea del reciclaje de residuos para generar un impacto positivo en la protección del medio ambiente. Este tema, incluso puede ser tratado desde el punto de vista social, y resultar muy interesante, como generador de nuevos puestos de trabajo y dinamizador económico. Considerando que el desarrollo sostenible debe integrar aspectos ecológicos, sociales, económicos y culturales, desde esta perspectiva, el reciclaje tiene mayor valor. Idea que con la actual situación económica podría considerarse disruptiva (Zarco, 2018).

### **5.1.2. Concreto Hidráulico.**

El concreto simple, como material para la construcción, tiene diversos usos como lo son: construir muros y otros tipos de estructuras, tales como autopistas, calles, puentes, túneles, presas, edificios, pistas de aterrizaje, sistemas de riego y canalización, rompeolas, embarcaderos, muelles, silos o bodegas e incluso barcos por mencionar algunos (Guzman, 2009). La tecnología utilizada en estructuras de concreto ha ido en aumento en función del proceso constructivo, desempeño mecánico, estructural, condiciones ambientales entre otras, teniendo como objetivo tener una buena funcionalidad y durabilidad de los elementos.

Actualmente CEMEX cuenta con 15 familias de productos especializados, con el fin de cubrir las necesidades de los diseñadores y constructores a fin de cubrir las especificaciones, resolver procesos constructivos, generar ahorros por reducción de mano de obra y superar el desempeño último de los elementos. CEMEX ofrece una amplia gama de soluciones integrales de concreto para la construcción. Mejorando el desempeño de las obras, de acuerdo con los proyectos específicos de nuestros clientes constructores, como pueden ser: desarrollos de proyectos de infraestructura, desarrollos de vivienda, etc. (CEMEX, 2022).

El concreto hidráulico es una combinación de cemento Pórtland, agregados pétreos, agua y en ocasiones aditivos, para formar una mezcla moldeable que al fraguar forma un elemento rígido y resistente. De acuerdo con su función, el concreto hidráulico se clasifica como: Concreto hidráulica clase 1 y concreto hidráulica clase 2 (SCT, 2004). Los concretos también pueden clasificarse como hechos en obra o premezclados, siendo estos últimos en los que se trabajará para la recuperación y aprovechamiento de un subproducto que pueda cumplir con las características de los agregados para concreto que cumpla con las normas vigentes.

Los agregados son materiales pétreos naturales seleccionados; materiales sujetos a tratamientos de disgregación, cribado, trituración o lavado, o materiales producidos por expansión, calcinación o fusión excipiente, que se mezclan con cemento Pórtland y agua, para formar concreto hidráulico (SCT, 2002). Una de las clasificaciones de los agregados se debe a su tamaño, por lo que para este caso de

estudio lo dividiremos en agregado fino y agregado grueso. Por lo que es necesario conocer las características de esta clasificación para poder determinar si la solución propuesta cumplirá con los requerimientos de las normas aplicables a agregados.

Una vez que se clasificaron los agregados debemos cuidar que cumplan una serie de requerimientos técnicos para su utilización en mezclas de concreto hidráulico los cuales son; Modulo de finura se requiere que este comprendido entre 2.3 y 3.1. El retenido parcial de la masa total en cualquier malla no debe ser mayor de 45%. Pueden aumentarse los porcentajes del retenido acumulado de la masa ensayada en las mallas 0.300 mm (No.50) y 0.150 mm (No. 100) a 95% y 100%. Respectivamente, siempre y cuando el contenido de cemento del concreto en que se vaya a utilizar el agregado sea mayor que 240 kg/m<sup>3</sup>. (SCT, 2002).

Para concreto para concreto con aire incluido, o mayor que 300 kg/m<sup>3</sup> para concreto sin aire incluido o bien, añadiendo un adicionante (cementante) que supla la deficiencia de material que pase por estas cribas. En el caso que los agregados que se pretendan emplear no cumplan con las tolerancias indicadas en el párrafo anterior, estos pueden usarse siempre y cuando existan antecedentes de comportamiento aceptable en el concreto elaborado con ellos, o bien, que los resultados de los ensayos realizados a estos concretos sean satisfactorios (SCT, 2002). La granulometría debe estar dentro de la siguiente tabla:

Malla	Material acumulado en masa, en porcentaje; % que pasa
9,5 mm (3/8")	100
4,75 mm (No. 4)	95 - 100
2,36 mm (No. 8)	80 - 100
1,18 mm (No. 16)	50 - 85
0,600 mm (No. 30)	25 - 60
0,300 mm (No. 50)	10 - 30
0,150 mm (No. 100)	2 - 10

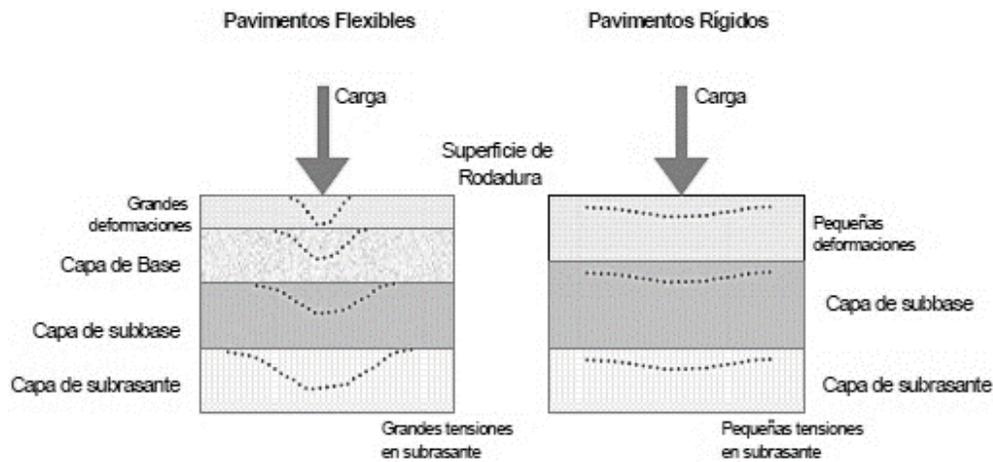
**Tabla 3** Agregado para concreto Norma control CEMEX, información interna (CEMEX,2022)

Los agregados gruesos deben tener un coeficiente volumétrico mayor o igual que 0,20. En caso de utilizar agregados de coeficiente volumétrico menor que 0,20. debe realizarse un estudio que muestre el impacto de su uso, y hacer ajustes correspondientes a las mezclas de concreto, para satisfacer los requisitos de

cohesión, trabajabilidad, módulo de elasticidad y contracción requeridos por el cliente. Impurezas orgánicas (materia orgánica) La arena debe de estar libre de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas. Los agregados después de efectuar el ensayo de impurezas orgánicas (SCT, 2012).

La calidad del material para base en los pavimentos flexibles es muy variada y al ser la segunda capa en orden de importancia y de costo se debe considerar ampliamente su control, debido a que en ella recae la distribución de los esfuerzos y la conductividad hidráulica, estos parámetros necesitan ser evaluados en distintas granulometrías y a distintos contenidos de humedad. (Cruz, 2018), dicho esto, una vez que tenemos un material que cumpla con las características de base hidráulica se podrá garantizar la durabilidad y servicio de los pavimentos rígidos o flexibles.

Los pavimentos son estructuras de diferentes capas, que se forman por diferentes estructuras de rodadura y generalmente constituidas por varias calidades de suelos o bases que descansan sobre los cimientos del pavimento, figura 2. Los materiales usados en las bases de las carreteras son los responsables de distribuir uniformemente las cargas transmitidas por las llantas hacia las capas subyacentes. La mayoría de las fallas en la capa de rodadura ocurren por la falta de los requerimientos en las propiedades mecánicas de los materiales granulares usados en la capa de base (Tutumluer y Pan 2008; Xiao et al. 2011).



**Imagen 5.** Esquema de estructura de pavimentos flexibles y rígidos, (Pavimentos,2013)

La base hidráulica y la losa de pavimento representan la parte más costosa de los materiales de construcción de pavimentos urbanos y carreteros cumpliendo con normatividad N-CMT-4-02-001/11. En 1988 la FHWA (Federal Highway Administration) llevó a cabo los estudios necesarios en 10 estados para determinar un criterio de diseño en la construcción de bases hidráulicas permeables, con la finalidad de evitar los daños causados en el pavimento por la combinación de acciones de agua y cargas, sin comprometer la estabilidad, incrementando la vida útil del pavimento un 33%. (Cruz, 2018).

El material cribado, parcialmente triturado, totalmente triturado o mezclado, que se emplee en la construcción de bases para pavimentos asfálticos o para pavimentos de concreto hidráulico, cumplirá con los requisitos de calidad que se indican en la figura 3. Donde los límites líquidos y plásticos, así como el índice plástico indica el % de humedad que el agregado necesitará para que tenga un comportamiento plástico o líquido. Valores de soporte de california, desgaste del agregado por prueba de los ángeles, grado de compactación y equivalentes de arena como lo marca la N-CMT-4-02-002/11.

Característica	Valor %
Límite líquido, máximo	25
Índice plástico , máximo	6
Equivalente de arena, mínimo	40
Valor Soporte de California (CBR), mínimo	80
Desgaste Los Ángeles , máximo	35
Partículas alargadas y lajeadas, máximo	40
Grado de Compactación, mínimo	100

**Tabla 4.** Valores a cumplir para bases hidráulicas N·CMT·4·02·002/11, 4 (IMT,2011).

#### **5.1.4 Administración de operaciones.**

La administración de operaciones es importante para cualquier organización pues de ella depende la comunicación y vinculación con diferentes áreas productivas involucradas en el servicio y atención al cliente. Al hablar de administración de operaciones, se debe resaltar la importancia que tiene el proceso administrativo para la toma de decisiones, esto impacta en el proceso de producción de los satisfactores, la logística del transporte, distribución y almacenamiento del producto en óptimas condiciones para el traslado del material, que será utilizado para la cimentación o edificación (CEUPE, s.f.).

En el mundo empresarial actual, las empresas que no puedan adaptarse rápidamente no sobrevivirán. Esta realidad otorga un valor especial a la posibilidad correcta en la fabricación. Por lo tanto, muchas organizaciones están desarrollando sistemas de fabricación flexibles, para lo que es necesario realizar una buena gestión del diseño de procesos, dirección y control del sistema, transformando la inversión en productos y servicios para satisfacer las necesidades del cliente y generar ventajas competitivas, frente a los grandes competidores del mercado nacional e internacional. (Chase, R. 2009).

En el contexto de la gestión de operaciones, la innovación significa desarrollar nuevos productos para los mercados existentes o para satisfacer nuevas necesidades. Esto significa buscar nuevos nichos de mercado para mantenerse por

delante de sus competidores. Esta dimensión estratégica debe ser una condición permanente de la empresa. Centrarse en la innovación significa actualizar la tecnología, la artesanía, los materiales y los productos. Por lo tanto, es importante considerar que la idea de ir avanzando conforme pasa el tiempo, diferenciándose del resto de las empresas y destacándose por ser mejores. (Chase, R. 2009).

Es estratégico proporcionar múltiples productos y desarrollar rápidamente estos productos y ajustar sus procesos con la misma agilidad. "Cuantas más oportunidades, mejor", será la frase que resume las estrategias de flexibilidad, porque la adaptación es centrarse en lo que el cliente quiere, cuando quiere y en lo que quiere. La forma de adaptación son los productos personalizados de la empresa determinados en sus capacidades, la capacidad de brindar diversidad a sus clientes, o de satisfacer las necesidades que pueden aumentar o disminuir por circunstancias económicas o de otro tipo. (Chase, R. 2009).

### **5.1.5 Empresas Tipo B.**

En todo el mundo, están surgiendo empresas abocadas a encontrar una mejor manera de contribuir al desarrollo económico y social en forma ambientalmente sostenible. Los "Negocios sostenibles", que se distinguen por su capacidad innovadora y su compromiso con la sostenibilidad como parte integral de su modelo de negocio (Universidad de los Andes, 2015). CEMEX a lo largo de su historia ha trabajado duramente por exceder los estándares de las normas y de las leyes, teniendo un alto compromiso social y de sostenibilidad, que se ha notado en nuevos productos y condiciones para sus empleados.

Tradicionalmente, las empresas han percibido la problemática social y ambiental como asuntos que deben ser atendidos por los gobiernos y las organizaciones sin fines de lucro, el desempleo, del acceso a la educación y la salud, la contaminación y la conservación de los recursos naturales han sido objeto de políticas del estado (Universidad de los Andes, 2015). Actualmente las compañías con integridad y con un alto sentido de responsabilidad social y sostenible buscan ser agentes de cambio

y punteros por un interés genuino de contribuir a través de sus propios recursos a mejorar las condiciones de los grupos de interés.

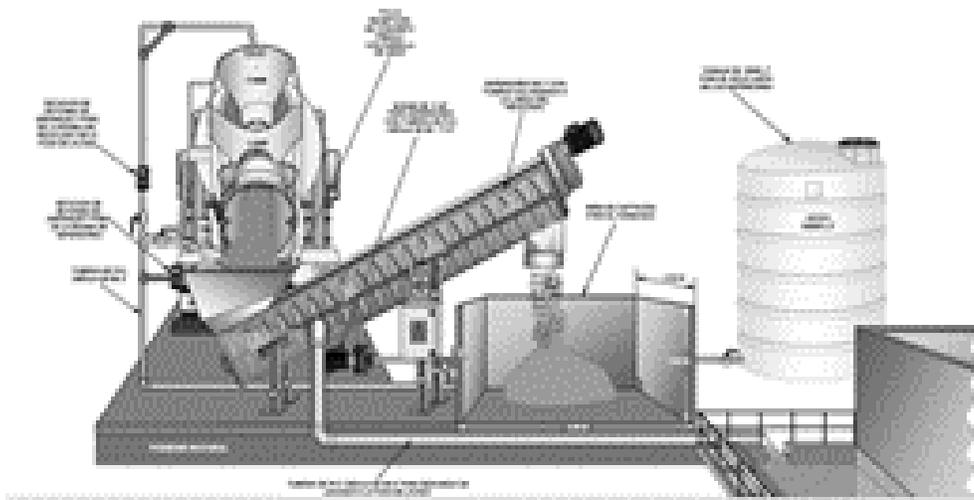
La mejor manera de ser un líder del segmento es buscando el crecimiento de manera integral, no solo en la parte financiera y de rentabilidad, es parte fundamental de una compañía, sino siendo disruptores y planteando nuevos horizontes en pro de generar las mejores condiciones para sus clientes, proveedores, empleados, con la sociedad y con el medio ambiente. A medida que crecen, los negocios sostenibles logran influir en la transformación de los sectores industriales en los que operan y hacen que el resto de las empresas de su sector vayan copiando las prácticas sostenibles. (Universidad de los Andes, 2015).

## **5.2 Desarrollo de la Propuesta de Solución**

### **5.2.1. Lavado de concreto devuelto para su reciclaje.**

Este proceso deberá de contar con un equipo de lavado previamente fabricado, figura 4. El cual consta de: un gusano para agregado; cisterna de agua de 10 metros cúbicos; tolva receptora de concreto, sistema e instalación hidráulica y eléctrica, zona de captación de agregado. El proceso consiste una vez que se declaró que el concreto se irá al desperdicio, el operador de camión de revolvedor se dirigirá a la zona de tratamiento de concreto devuelto, se agrega agua a la mezcla de concreto y comenzará a verter sobre la tolva receptora de concreto y encenderá el sistema de lavado.

Una vez que el concreto comienza a entrar en la fosa receptora el sistema hidráulico se activa para comenzar el lavado del concreto y quitarle el cemento a la mezcla, activando los agitadores y metiendo a presión el agua para quitarle al agregado fino y grueso tanto aditivos, color, adicicionantes y residuos de cemento. Terminado el proceso de lavado el agregado sube por el gusano donde se da una última lavada para eliminar cual excedente de material fino que pase por la malla del número 200 y proceder a ponerlo en un sitio donde se almacene para su disposición final y uso en futuros concretos.



**Imagen 6.** Lavadora de concreto hidráulico. (CEMEX,2022)

Esta propuesta ya se está aplicando en plantas de CEMEX y cuenta con los siguientes atributos:

- Reducción del 80% de residuos de manejo especial
- Reducción en la emisión de CO<sub>2</sub> por el retiro de escombro
- Producto final reutilizable en concretos
- Disminución de residuos de polvos
- Replicable en todas las plazas
- Costo aproximado de la inversión de \$ 0.80 MM
- Reducción en costos por abundamiento
- Reducción de costos del cargador Frontal por maniobras de retiro de escombro
- Menos impacto al medio ambiente

Este proceso que ya está implementado en algunas plazas de la república representa un ahorro en tiempos, aunque no representa un costo directo en la operación, ya que la instalación de este equipo tiene un costo considerable en la inversión inicial y un costo de mantenimiento de gusanos, sistema eléctrico y el sistema hidráulico, sumado los costos por gasto de luz y combustible. De igual manera un riesgo alto en el fraguado de concreto por descompostura del equipo.

Así como la utilización de agua para el proceso de lavado del concreto, lo que representa un aumento en la huella hídrica en las plantas.

### **5.2.2. Trituración de escombros.**

Gracias a la planta trituradora de agregados, es posible afirmar que los materiales no utilizables son, en realidad, materiales reutilizables. Los escombros son sometidos a un procedimiento de trituración y cribado, lo que permite su reciclaje y conversión en agregados. (SOTECMA, 2022). Una opción que representa una solución práctica y eficiente, ya que el escombros puede triturarse al tamaño deseado, llevándolo a cumplir con la granulometría requerida en el diseño de concretos. Hay que tener varias consideraciones en el uso de este proceso, así como en el proceso de almacenamiento para no contaminar material sano.

Existen varios modelos y tamaños para plantas de trituración y los precios de estos equipos son considerablemente caros, superior a los \$10,00 MM (diez millones de pesos), por lo que tener la exclusividad de esta planta para el proceso de trituración elevaría los costos. La opción que se utiliza actualmente es aprovechar las plantas de molienda de agregados para reducir los tamaños del escombros, pasando del triturador primario, secundario y en caso de llevarlo a niveles de arena se utilizará el terciario. Esta opción estará en función de las capacidades instaladas del proveedor de agregado, así como de los tiempos de la planta para generar la molienda.



**Imagen 7.** *Planta de trituración de escombros.* (RECYTRANS,2011)

Un factor importante que considerar es el costo-beneficio, si bien por un lado se cumplirá con el objetivo de reducir el impacto ambiental al evitar disponer del escombros en un tiradero y darle un segundo uso a este producto, se tienen varios puntos a considerar como lo son; calidad final del material y costo por el procedimiento de trituración y traslado. Haciendo un análisis del costo de este proceso lo tenemos de la siguiente manera: manipulación; \$35/ton, traslado \$54/ton, proceso de trituración \$95/ton, teniendo en total un costo integrado de \$184/ton, valor con el que se medirá la propuesta.

### **5.2.3. Concreto deshidratado.**

Este procedimiento se definirá como “Deshidratación del concreto” y buscará darle un tratamiento especial a la mezcla una vez que ha sido declarado como no utilizable o que se mandará a desperdicio por parte del cliente y/o por la operación de planta, cuando esto suceda se procederá a realizar el siguiente proceso:

1. Concreto devuelto a planta. El operador de camión revolvedor deberá notificar por radio al jefe de planta o dosificador que cantidad estimada se tiene en el módulo de mezclado, tipo de concreto y tiempo desde su fabricación.
2. En función a los datos del concreto que se obtienen de la remisión. El responsable de la planta deberá evaluar la carga de trabajo del OCF para decidir si se descarga el concreto de inmediato o se debe estabilizar para retrasar el fraguado inicial y dar tiempo a su proceso de deshidratación. Evitando que el proceso de carga de agregados a la planta se vea afectado.

Nota: El aditivo a utilizarse para esta estabilización se determinará de las pruebas previamente realizadas con aditivo caduco por el equipo de control de calidad.

3. Una vez en planta el OCR debe reportarse con su jefe inmediato para recibir instrucciones sobre la ubicación, uso posible de aditivos para estabilizar el concreto y el tiempo en el que deberá descargar el concreto devuelto.
4. El OCF deberá tener preparado una cama con arena o producto del concreto pulverizado previamente.
5. El OCR deberá aproximarse con las precauciones necesarias, al área donde está dispuesta la base preparada por el OCF.
6. Descarga el concreto sobre la cama de material pulverizado previamente puesta por el OCF, vaciando el concreto de manera longitudinal. Paso 1. El OCF colocará dos cucharones de material pulverizado encima del concreto fresco por cada metro cúbico vaciado hasta cubrirlo en su totalidad, paso 2.

Nota: a) La zona designada donde se pulveriza el residuo debe ser una superficie plana, regular, seca y con suficiente iluminación para la maniobra del CR y CF, así como libre de obstáculos que puedan crear una condición insegura. Si se designa el patio de agregados, durante la actividad el OCF deberá notificar por radio al dosificador y guardias que no puede ingresar agregado hasta que él lo autorice.

b) Cuando el concreto se encuentre entre un revenimiento 9 y 18 al momento de descarga no deberá agregarse agua ni aditivos, para concreto que no salió de planta por tema de calidad, mantenimiento, cancelación tardía, etc.

7. El OCF remontará un cucharón a la vez, avanzando la longitud de este. Esta actividad se repetirá el número de veces que quepa el cucharón en la tira del material tratado hasta formar una montaña Paso 3.
8. Seguido del paso anterior, se remontará el material de la misma manera, pero en sentido contrario al inicial. Paso 4. Este paso se repetirá dos veces.

9. OCF extenderá el residuo con el cucharón del CF, procurando dejar una superficie homogénea y de un espesor máximo de 20 cm. Al terminar este paso el OCF debe inspeccionar de manera visual el resultado de la mezcla.
10. Se tendrá un residuo pulverizado y deshidratado para su disposición final. Después de haber transcurrido de 5 a 10 horas según las condiciones ambientales, tomar el producto pulverizado con el cucharón del CF para integrarlo con el almacén de pulverizado.

**Nota:** En caso de que el material tratado aún contenga tamaños de agregado consolidado superiores a 3" repetir por tercera vez los pasos 7, 8 y 9. El material final debe ser contenido en mamparas de concreto, para evitar que se disperse o se contamine de otros materiales. En caso de los concretos que se regresan cuando no esté el OCF en planta se verterá sobre un firme de concreto, esto es, sin ningún material debajo de él que le quite humedad.

A continuación, se presenta un diagrama de proceso del concreto desperdiciado:



**Imagen 8.** Proceso de deshidratación. Elaboración propia.

Con el resultado de este proceso se puede utilizar para materiales con dos fines constructivos, el primero que se evaluará es para emplearlo como base hidráulica o subbase en una estructura de pavimento rígida, incluso como material de relleno en plataformas granulares, haciendo estudios de laboratorio que permita conocer sus características físicas, químicas y mecánicas, para poder clasificar el tipo de material. Garantizando con esto su desempeño, nivel de servicio y durabilidad en estructura de pavimento que le toque desempeñar, así como utilizar valores que rebasen especificaciones para considerarlos en el diseño del pavimento.

El segundo producto donde puede reutilizarse este material es como agregado para concretos convencionales y denominados de línea, con una restricción en ser utilizado únicamente en resistencias a la compresión menores  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ , esto

con la finalidad de tener un espectro alto donde poder utilizarlo. Estas pruebas se realizarán en laboratorios de la compañía para conocer las características esenciales como pérdidas por lavado, granulometrías, finuras de las arenas y posteriormente, evaluar con diseños de mezclas específicos aspectos del concreto como lo son la trabajabilidad, fluidez y grosura, así como eficiencias en el uso de cementos y aditivos.

### 5.3. Desarrollo de la Propuesta

#### 5.3.1. Subproducto en bases y subbases hidráulicas.

Una vez que se obtuvo el material granular final, se procederá a homogeneizar todo el producto en bancos para realizar las pruebas pertinentes, con la finalidad de conocer las características y los valores que permitan identificar en que parte de la estructura de pavimento cumple. Se procederá a realizar las pruebas en un laboratorio de mecánica de suelos para conocer la siguiente información: granulometrías, el valor relativo de soporte (VRS); Limite líquido; límite plástico; clasificación Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS); valor soporte de california (CBR), equivalente de arena, % de partículas alargadas y % de partículas lajeadas.

A continuación, se presenta los resultados más desfavorables obtenidos de 5 pruebas del material final del proceso de reciclaje:

Prueba	Valor obtenido	Referencia
VALOR SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) %	152.70	100
EXPANSIÓN	1.76	
EQUIVALENTE DE ARENA %	57.19	50
PARTICULAS ALARGADAS	20.22	35
PARTICULAS LAJEADAS	10.69	35
LIMITE LIQUIDO	28.05	35
LIMITE PLASTICO	25.5	
INDICE PLASTICO	2.47	6
CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	GW	
Absorción %	0.87	
Densidad	2.61	
Desgaste de los Ángeles	26.60%	30 % MÁXIMO
Módulo de reacción	492 PCI	

**Tabla 5.** Comparativa de los indicadores. Elaboración Propia.

En la interpretación de los valores más desfavorables después de haber realizado 5 pruebas en; Laboratorios de ingeniería de materiales JC, Ingeniería y Mecánica de Materiales y Centro de innovación y desarrollo CEMEX, podemos concluir que en todos los casos con la especificación técnica para bases hidráulicas con ejes equivalentes superiores a 106 ( $\Sigma L > 106$ ), Y con estos resultados se tendrán que hacer ajustes mínimos para cumplir por completo con la normatividad N-CMT-4-02-002/11 encontrándose por arriba de los requerimientos mínimos solicitados por la norma y superior a los agregados que ofrecen los bancos locales.

Con esta información podemos concluir que este material granular cumpliría con características de base hidráulica para pavimentos rígidos y flexibles, que por haber pasado por un proceso donde existió la presencia de cemento mejoró las propiedades de las arenas y sus características, estabilizando los finos del material, elevando así algunos factores como límites, California Bearing Ratio [CBR]. Un beneficio adicional es que este material se encuentra en las plantas de concreto, con una mejor ubicación dentro de la ciudad por lo que el factor flete sería una variable que juegue a favor en cuanto a costo se refiere.

### **5.3.2 Subproducto para uso de agregado en mezclas de concreto.**

El análisis que se realizará a continuación será la evaluación del subproducto generado como agregado para el concreto, así como una serie de muestras que permita conocer el comportamiento mecánico y químico de este agregado en una mezcla de concreto. A la par de realizar este proceso de calidad y desempeño del concreto en el laboratorio en pruebas en estado fresco y endurecido, haremos un análisis en los costos actuales del diseño para conocer y poder determinar cantidades a utilizar del subproducto, y si realmente genera un beneficio económico sin alterar el desempeño.

Se partirá del desarrollo de una metodología para la extracción de la muestra y estudios a realizar para validar que cumplan con los parámetros mínimos requeridos por CEMEX para la utilización de este material en sustitución de agregado grueso y agregado fino, así como realizar una serie de estudios de validación de la mezcla

con el subproducto para medir factores como consistencias, permanencia y evolución de resultados, así como obtener referencias del comportamiento del concreto diseñado con este material y saber si tiene afectaciones en sus propiedades mecánicas, tanto en estado fresco como endurecido.

A continuación, se definirá la metodología para la evaluación del agregado y de la mezcla:

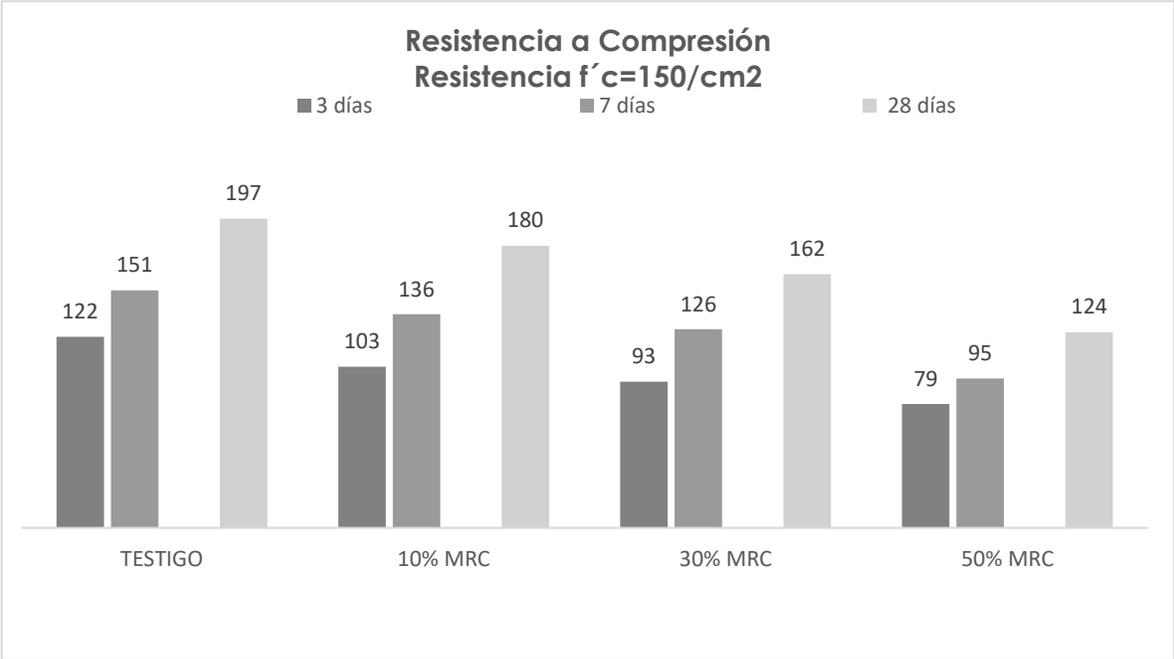
- Realizar prueba índice del subproducto una vez cribado por malla de 1" (Granulometría, Absorción, Densidad, Peso volumétrico seco suelto, Peso volumétrico seco compacto)
- Validar petrografía el subproducto
- Enviar a límites de consistencia el subproducto
- Cribar el suficiente material para elaboración de mínimo 10 mezclas
- Mezcla Testigo DISEÑO ACTUAL ( 1-150-2-C-28-14-1-1-00, 1-250-2-C-28-14-1-1-000)
- Mezcla inicial (30% de subproducto) Sin sobreconsumo de cemento
- Mezcla final (30% de subproducto) Considerar un sobreconsumo de cemento, confidencial.

Una vez que se planteó la metodología de revisión de pruebas, se realizaron pruebas de laboratorio para evaluar puntos importantes que afectan el desempeño de un concreto como lo son:

- Modulo elástico (RESISTENCIA 250) **Satisfactorio**
- Petrografía (Deshidratado, Fosa de lavado) **Satisfactorio**
- Tensión Diametral ( $f'c=150$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c= 250$  kg/cm<sup>2</sup>) **Satisfactorio**
- Abrasión (Durabilidad) (150 y 250) **Satisfactorio**
- Absorción Capilar ( $f'c=150$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c= 250$  kg/cm<sup>2</sup>) **Satisfactorio**
- Ion cloruro ( $f'c=150$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c= 250$  kg/cm<sup>2</sup>) **Satisfactorio**

Ver anexos 1, 2, 3 y 4

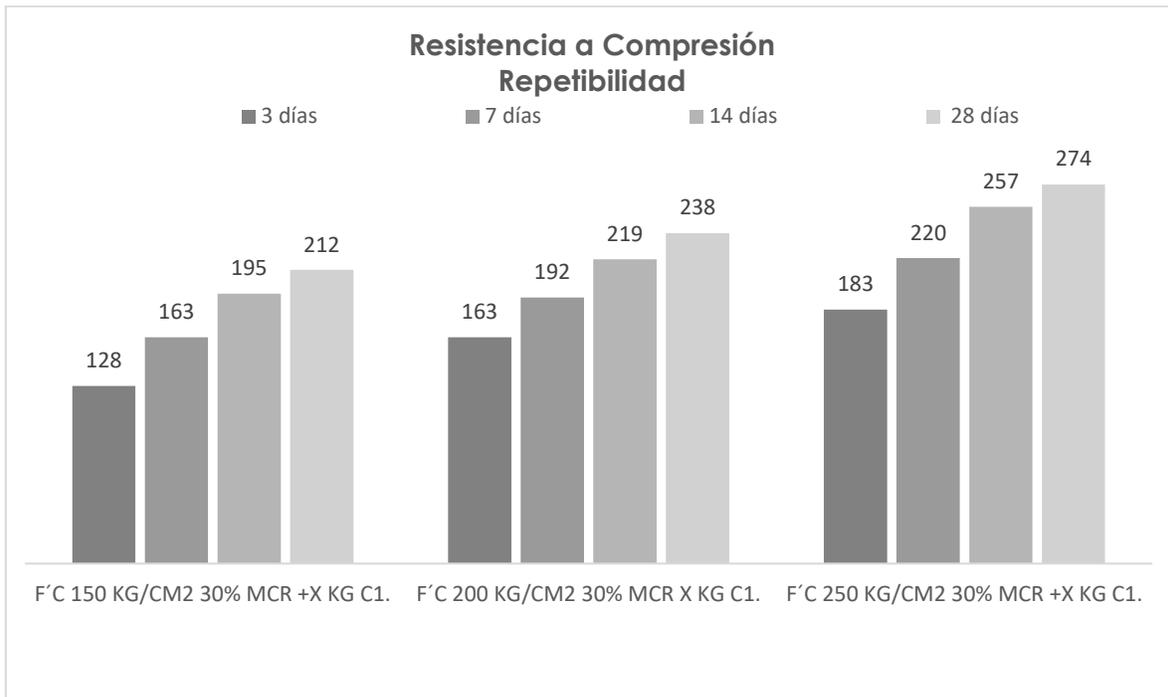
Es necesario conocer el desempeño de este subproducto para poder hacer ajustes a la mezcla y determinar el beneficio económico, se partirá de hacer una comparativa con los diseños de mezcla que actualmente tiene la plaza y compararlos contra la propuesta de sustitución de agregado origen contra el denominado subproducto en un 10% ,30% y 50%, esto con el fin de ver su evolución en resistencia y conocer el porcentaje óptimo a sustituir, para esto se determinó utilizar un testigo del concreto 1-150-2-C-28-10, resistencia  $f'c=150$  kg/cm<sup>2</sup>, grava de 20 mm, normal a 28 días, grava caliza, revenimiento 10 cm. Imagen 9,



**Imagen 9.** Resistencia a compresión. Elaboración propia

De la imagen anterior podemos observar el comportamiento de la evolución del concreto a 3, 7, 14 y 28 días, teniendo una disminución de la resistencia a medida que se incrementa el porcentaje de utilización del material reciclado, considerando el 30% de material reciclado como el óptimo, a través de la repetibilidad de los concretos 1-150-2-C-28-10, 1-200-2-C-28-10 y 1-250-2-C-28-10, los cuales son los concretos que mayor producción en las plantas de CEMEX, se validaron la

consistencia de resultados a través de un método estadístico dando en las últimas 3 pruebas resultados constantes que se muestran en la imagen 10.



**Imagen 10.** Resistencia a compresión repetibilidad, Elaboración propia.

Tabla de evolución de resistencia repetibilidad en concretos de línea.

Asegurando la consistencia en los resultados estadísticos de la resistencia, se podrá evaluar los ahorros en cada uno de los concretos para determinar el beneficio económico por cada tonelada del material tratado y su influencia en la mezcla, obteniendo un valor en pesos del beneficio por la utilizar este subproducto en los concretos de línea y conocer en que concreto es de mayor beneficio el uso, dando preferencia de uso a los concretos que generen mayor ahorro según sea el caso y declarar dentro de la unidad de negocio la 2 y 3 opción según el beneficio por resistencia.

### Análisis de beneficio de uso de material reciclado (MR)

Concepto	f'c=250 kg/cm <sup>2</sup>		f'c=200 kg/cm <sup>2</sup>		f'c=150 kg/cm <sup>2</sup>	
	BP	TD	BP	TD	BP	TD
CMP Testigo	\$971.00	\$926.00	\$904.00	\$866.00	\$844.00	\$810.00
CMP MR 30%	\$920.00	\$880.00	\$850.00	\$818.00	\$788.00	\$762.00
Ton de MR	0.57	0.52	0.58	0.53	0.58	0.53
Beneficio por ton reciclada	\$ 89.79	\$ 88.12	\$ 93.91	\$ 90.57	\$ 96.05	\$ 90.23

**Tabla 6.** Análisis de beneficio Elaboración propia.

Como podemos ver, en la tabla anterior, el beneficio promedio de \$91.45, siendo el concreto 1-150-2-C-28-14 el que tiene un mejor ahorro, con \$56 por m<sup>3</sup> y utilizando 580 kg de ese material, logrando un beneficio por tonelada reciclada de \$96.05, si consideramos que la generación en toneladas de escombros del año 2021 fue de un total de 4200 ton, tenemos un potencial económico de ahorro por la utilización de este agregado en los concretos por \$384,000 anuales, además, si consideramos que el costo de retiro de escombros es de \$240/ton, lo que se traduce en un valor absoluto de \$1.39 MM de beneficio anual en la plaza de San Luis Potosí.

Ahora bien, con esta información se puede inferir que el beneficio económico unitario es de \$331/ton de material reciclado o subproducto en todo el país, y considerando que a nivel nacional se desperdician alrededor de 770,000 ton de escombros anualmente, el proyecto una vez implementado en todas sus operaciones tendrá un beneficio total de \$254.00 MM en su margen de contribución directa. Una vez analizado esto, se concluye que financieramente el proyecto es rentable, teniendo que evaluarse en cada una de las plantas las implicaciones operativas bajo la metodología de análisis propuesta.

En cuestión ambiental, este proyecto se alinea con los objetivos de sostenibilidad que está persiguiendo la compañía, al reutilizar material de producción, en 5 de estos indicadores como lo son: 8 Trabajo decente y crecimiento económico; Industria, innovación e Infraestructura; 11 Ciudades y comunidades Sostenibles; 13 Acción por el clima; 15 Vida y ecosistema terrestre. Permitiría a las plantas el utilizar aditivos que están declarados como caducos, se mejoraría el impacto y la huella de

CO2 por su disposición a distancias más cortas, se optimizará el almacén de escombros y mejorará la imagen de las plantas.

Entre los atributos y ventajas de este proceso podemos enlistar los siguientes:

- Reducción en la emisión de CO2 por el retiro de escombros
- Reducción del impacto ambiental
- Producto final reutilizable en concretos y bases hidráulicas
- Alta escalabilidad
- Con un bajo costo en la inversión inicial.
- Menos horas hombre para romper el concreto
- Reducción en costos por abundamiento
- Reducción de costos del cargador frontal por maniobras de retiro de escombros
- Mayor capacidad de almacenaje
- Se puede recuperar el 100% del concreto

## VI CONCLUSIONES

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
<b>San Luis Potosí</b>	\$ 403,849	\$ 518,571	\$ 544,500	\$ 572,037
<b>Monterrey</b>	\$ 10,277,804	\$ 12,444,630	\$ 13,079,347	\$ 13,753,767
<b>Zona Noreste</b>	\$ 15,096,724	\$ 20,248,696	\$ 21,281,924	\$ 22,379,794
<b>País</b>	\$ 124,880,440	\$ 156,810,684	\$ 164,651,218	\$ 172,883,779

**Tabla 7.** Beneficio potencial en el margen de contribución. Elaboración propia.

Una vez expuestas estas dos opciones y analizándolas, se puede concluir lo siguiente; ambas propuestas representan una mejora significativa a lo que actualmente se ejecuta en todas las plantas de CEMEX en el mundo, contribuyendo con los ODS de sostenibilidad, el porcentaje de aprovechamiento de los desperdicios es el mismo, convirtiéndose en buenas opciones para alinear los esfuerzos de la empresa en ser sostenibles y reducir el escombros de sus

operaciones globales. Por lo que este tipo de iniciativas favorecen a la reducción del impacto ecológico de forma significativa.

La operatividad y la escalabilidad en la tercera propuesta, “Concreto Deshidratado” tiene ventajas interesantes sobre la primera, por ser la más fácil de replicar y por la sencillez del proceso, así como la baja y en algunos casos nula inversión inicial, y con poca infraestructura requerida. Sumado que se utilizarán productos que la compañía ya considera como desperdicios, en este caso los aditivos caducos. El proceso de “Concreto deshidratado” ayudará a tener un producto final más homogéneo y con menos impacto en la huella hídrica ya que no se utiliza agua la transformación a material granular favoreciendo a uno de los objetivos primordiales, reducir los consumos de este vital líquido.

La implementación y uso de este proceso contribuye a mejorar las condiciones y a reducir el impacto en el medio ambiente. Un atributo con mucho peso específico es el sumar puntos en certificaciones leed en proyectos sustentables, ya que al ser un producto derivado de reciclaje y desperdicio dará beneficios a obtener este tipo de certificaciones. El material granular resultado de la deshidratación del concreto contará con una mayor durabilidad para las bases hidráulicas, así como mejorar valores como BRS y módulos de reacción altos que favorecen a tener una menor deformación en el suelo.

El módulo de reacción o módulo “K” es una variable importante en el diseño de pavimentos y de pisos industriales, este parámetro asocia la tensión transmitida al terreno por una placa rígida con la deformación o la penetración de la misma en el suelo, mediante la relación entre la tensión aplicada por la placa “q” y la penetración o asentamiento de la misma “y”. Generalmente se la identifica con la letra “k”. Este módulo de reacción es una variable que juega un factor importante en el diseño de la estructura del pavimento o del piso, impactando directamente a la resistencia y espesor a soportar las cargas a las que será sometido el elemento.

El material que se genera de este proceso tiende a tener un módulo de reacción “K” mayor a lo que tendrá una base, ya que cuenta con una cantidad de cemento considerable lo que favorece a tener un mejor desempeño mecánico y a generar

mayor estabilidad, por lo que el espesor de la losa tendrá a ser más esbelto y/o ayudará a la durabilidad y vida útil del pavimento o piso así como mantener un alto nivel de servicio, por lo que también contribuye utilizar menos concreto en la obra con el mismo desempeño, con todos los beneficios que esto conlleva, como menos emisión de CO2 por su fabricación.

Este proceso supera el porcentaje de recuperación del material desperdiciado, ya que el proceso planteado resulta ser muy eficiente, en los resultados obtenidos se pudo detectar que se recuperó el 100% del desperdicio, y todo el material que normalmente se iba a desecho ahora es un producto fácilmente utilizable en otra parte del proceso constructivo, Durante más de 110 años que CEMEX inicio operaciones no existía un proceso que ayudará a aprovechar los residuos generados por la industria del concreto y que representaba un problema en temas de seguridad industrial e impacto ambiental.

Ahora no solo podemos resolver el costo elevado de retirar el escombro y desperdicios producidos en la planta por diferentes factores, algo que comúnmente representaba una tarea constante de tratamiento, incluso la utilización de equipo mecánico como retroexcavadoras con roto martillo para demoler las piedras de gran tamaño y poder maniobrar con ellas para su carga y traslado, ya que los camiones de volteo limitan el tamaño de piedra a acarrear, sumando el gran abudamiento por el retiro del material, ahora se eliminará por completo este costo, así como el sobre costo de transportar aire por el abudamiento de las piedras de escombro.

Si se comparan los tres procesos, se podrá notar la gran ventaja de utilizar el proceso de deshidratación, considerando que la inversión inicial es mínima en comparación de los otros dos procesos, considerando que existen en México 240 plantas de concreto juega un rol importante el monto a invertir, considerando que el proceso de lavado cuenta \$0.70 MM por planta y el proceso de trituración arriba de los \$10.00 MM. Otra gran ventaja es que el material no tiene que tener ningún cuidado adicional y no se ve afectado por el intemperismo, adiconantes utilizados o reducción de desempeño en la mezcla del concreto.

El producto final tiene muchos atributos interesantes, entre ellos que se puede utilizar en dos nuevos materiales. El primero sería para concretos de bajo desempeño de resistencia menores a  $f'c=250\text{kg/cm}^2$ , para uso de elementos no estructurales o de baja especificación. El segundo en la estructura de pavimento como base o subbase hidráulica o incluso para terraplenes y rellenos de nivelación con un alto grado de durabilidad y desempeño del material. Ambos con mucho potencial de utilización en la industria de la construcción para obtener certificaciones leed o alguna otra alineada con tecnologías verdes.

## REFERENCIAS

Albarrán, E. N. (2021). La agenda política del 2021. Pie de Página. <https://piedepagina.mx/la-agenda-politica-del-2021/>

Boada Ortiz, A. (2007). Negocios y sostenibilidad más allá de la gestión ambiental. Bogotá, Colombia: Editorial Politécnico Grancolombiano.

Carreras, J. M. (2020) Quinto Informe de Gobierno 2019 - 2020. <https://slp.gob.mx/quintoinforme/Paginas/Inicio.aspx#>

CEUPE. (s.f.). ¿Qué es la administración de operaciones? [Blog: Centro Europeo de Posgrados]. <https://www.ceupe.com/blog/que-es-la-administracion-de-operaciones.html>

Chase, R., Aquilano, N., & Jacobs, F. (s.f.). (2009). Administración de Producción y Operaciones, Manufactura y Servicios. McGraw Hill.

Deloitte ( 2020) El impacto económico de COVID-19 (nuevo coronavirus), Deloitte

David MorillonG. (2020). Edificación Sustentable en México: Retos y Oportunidades.

El Sol de San Luis . (2021). RGC presenta a iniciativa privada Plan de Recuperación Económica 2022. Febrero 2022, de El Sol de San Luis Sitio

Gómez Gómez, I. (Ed.) y Brito Aguilar, J. G. (Ed.) (2020). Administración de Operaciones. Universidad Internacional del Ecuador, Guayaquil

Henry Gomez. (2015). PYME DE AVANZADA, MOTOR DE DESAROLLO EN AMERICA LATINA. FEBRERO, 2022, de UNIVERSIDAD DE LOS ANDES Sitio web:

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=KdhdDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA121&dq=Empresas+B+en+mexico&ots=uArlXkKsur&sig=8XSU4aEGUsO3MjWs7EkJ6PU3rsY#v=onepage&q&f=false>

IVONNE MARITZA PUERTA ORTIZ. (2019). IMPACTO AMBIENTAL EN LAS ESCOMBRERAS. REVISIÓN DE LA LITERATURA 2008-2019. BOGOTA, COLOMBIA: UNIVERSIDAD DEL ROSARIO.

Luna J. (2015). el impacto ambiental por la actividad de explotación de canteras en la localidad de usme y sus principales medidas de manejo.. bogota, colombia: universidad militar nueva granada.

González K. (2021). Falta de agua e inseguridad son los principales problemas de SLP": Enrique Galindo. Febrero 2022, de La Orquesta Sitio web: <https://laorquesta.mx/falta-de-agua-e-inseguridad-son-los-principales-problemas-de-slp-enrique-galindo>

Lefcovich, M. L. (2009). Administración de operaciones. Santa Fe, Argentina, Argentina: El Cid Editor | apuntes.

Manuel, V. (2011). Los caminos del reciclaje. Barcelona, Spain: Ned ediciones.

Mares, M. (2021, 6 agosto). Mexico: Agobia y aumenta la pobreza. <https://www.eleconomista.com.mx/opinion/Mexico-aumenta-y-agobia-la-pobreza-20210806-0022.html>.

MexicoIndustry. (2020,). SLP, primer lugar regional en inversión extranjera directa. MexicoIndustry. <https://mexicoindustry.com/noticia/slp-primer-lugar-regional-en-inversion-extranjera-directa>

ONU, O. N. U. (2015, 25 septiembre). ODS. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

ONU. (2015). Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación. Febrero 2022, de ONU Sitio web: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/S.A.> (2020) México, ¿cómo vamos?. Ciudad de México. Índice del Progreso Social México 2020 Subnacional más allá del PIB

Pavimento. (2013). Pavimentos, todo lo que debes saber. 2022, de Pavimentos Sitio web: <https://libro-pavimentos.blogspot.com/2013/02/elementos-de-la-estructura-de-pavimento.html>

Tovar R. (2022). Crece en Nuevo León polémica por nuevo 'impuesto verde'. 6 de enero 2022, de El horizonte Sitio web: [elhorizonte.mx/local/crece-nuevo-leon-polemica-por-nuevo-impuesto-verde-4057000#:~:text=El%20impuesto%20verde%20consiste%20en,260%20fábricas%20y%202022%20pedreras.](http://elhorizonte.mx/local/crece-nuevo-leon-polemica-por-nuevo-impuesto-verde-4057000#:~:text=El%20impuesto%20verde%20consiste%20en,260%20fábricas%20y%202022%20pedreras.)

SAMUEL GARCIA. (2021). Preocupa a Caintra que nuevo impuesto verde en NL tenga fines recaudatorios. 8 de diciembre 2021, de Forbes política Sitio web: <https://www.forbes.com.mx/politica-nos-preocupa-un-impuesto-recaudatorio-del-gobierno-de-nuevo-leon-caintra/>

Santander T. (Junio 2021) México: Política y economía. Contexto económico. <https://santandertrade.com/es/portal/analizar-mercados/mexico/politica-y-economia>

SCT, (2002). <https://normas.imt.mx/normativa/N-CMT-2-02-002-02.pdf>

SOTECMA,(2011) <https://www.sotecma.es/planta-trituradora-agregados-recuperacion-mfS>

Vargas, A., y Zúñiga. M. (2021) Las políticas en Ciencia, Innovación y Tecnología y su relación con el contexto económico mexicano. Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa,XX(vol), pp-pp.

Guzmán V. (2009). Manual de prácticas de concreto hidráulico. Xalapa, Veracruz: universidad veracruzana.

Xiao, Y., Tutumluer, E., & Siekmeier, J. (2011). Resilient modulus behavior estimated from aggregate source properties. Proc. Geo-Frontiers , ASCE, Alexandria, VA, 9

Zarco, J. (Octubre 10, 2018) Más energía limpia para San Luis Potosí. Pv-magazine-México

## APÉNDICE

**Límite Líquido:** Se define como el contenido de humedad expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado plástico al líquido.

**Límite plástico:** Es el contenido de humedad, expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico.

**Equivalente de arena:** Es una prueba de laboratorio, que se realiza con el objeto de determinar qué porcentaje de una muestra se puede considerar como arena.

**CBR (California Bearing Ratio):** Ensayo de Relación de Soporte de California) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, subbase y base de un pavimento.

**Desgastes de los ángeles:** tiene como objetivo fundamental determinar la resistencia a la trituración de los agregados pétreos, utilizando una máquina denominada de los ángeles

**Partículas alargadas y lajeadas:** Esta prueba permite conocer el % de piedras que tienen forma alargada o lajeada, si llevamos este tipo de formas de grava a un plano virtual, podrían quebrarse con el paso del tiempo.

**Grado de compactación:** La compactación es la operación o procedimiento de estabilización mecánica, cuyo objetivo fundamental es aumentar la densidad del suelo, por medio de una mayor aproximación de partículas, lo que se consigue con una disminución del índice de vacíos, Mediante el proceso de compactación del suelo se busca obtener los siguientes objetivos:

- Aumentar la resistencia a la compresión y al corte
- Obtener una mayor uniformidad y homogeneidad en el suelo
- Conseguir que el suelo sea menos susceptible a las variaciones de humedad.

**Agrado fino:** Es arena natural seleccionada u obtenida mediante trituración cribada, con partículas de tamaño comprendido entre 75 micrómetros y 4,75 milímetros, pudiendo contener finos o menor tamaño, dentro de las proporciones establecidas de la norma N-CMT-2-02-002/02

**Agregado grueso:** Puede ser grava natural seleccionada u obtenida mediante trituración y cribado, escorias de altos hornos enfriadas en aire o combinación de dichos materiales, con partículas de tamaño máximo, generalmente comprendido

entre 19 milímetros y 75 milímetros, pudiendo contener fragmentos de roca y arena, dentro de las proporciones establecidas por la norma N-CMT-2-02-002/02



# ANEXO

Anexo 1



**CEMEX | CTCC**  
 CEMEX, S.A.B. DE C.V.  
 CENTRO DE TECNOLOGÍA CEMENTO Y CONCRETOS (CTCC)  
 LABORATORIO MATRIZ

**RMX**

INFORME DE RESULTADOS

LABORATORIO DE CONCRETO

DETERMINACIÓN DE MÓDULO ELÁSTICO

CTC-21-3136

\*Prueba NMX-C-128-ONNCE-2013

Datos Generales

Muestra:	3136	Fecha de colado:	2021-09-30
Planta:	FD-548	Fecha de ensayo:	2021-10-28
Clase:	1	Elemento colado:	N/A
TMA:	20 mm	Lugar de muestreo:	Laboratorio
Tipo:	Calza	Edad de ensayo:	28 días
Remisión:	N/A	Longitud de medición:	150 mm
Tipo Careta Esp.:	Humedo	Revenimiento de proyect.:	11.1 cm
f <sub>c</sub> :	250 kg/cm <sup>2</sup>	Revenimiento obtenido:	N/A cm
f <sub>c</sub> máx.:	290 kg/cm <sup>2</sup>	Relación de esbitez:	2

Cilindros de Referencia

Datos Cilindro 1:  
 Esfuerzo máximo: ..... f<sub>c</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)

Datos Cilindro 2:  
 Esfuerzo máximo: ..... f<sub>c</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)

Especimen de prueba 1

Díametro promedio:	15.0	cm
Longitud promedio esp.:	30.0	cm
Carga máxima aplicada:	51.2	t
Tipo de espécimen:	Moldeado	
Forma de falla:	1	

Especimen de prueba 2

Díametro promedio:	15.0	cm
Longitud promedio esp.:	30.0	cm
Carga máxima aplicada:	51.2	t
Tipo de espécimen:	Moldeado	
Forma de falla:	2	

Carga [t]	Deformaciones			e [mm/mm]
	Mic. 1 [mm]	Mic. 2 [mm]	Prom. [mm]	
1.0	0.003	0.002	0.0025	0.000017
2.0	0.005	0.005	0.0050	0.000033
3.0	0.009	0.006	0.0075	0.000050
4.0	0.012	0.009	0.0105	0.000070
5.0	0.015	0.012	0.0135	0.000090
10.0	0.030	0.027	0.0285	0.000190
15.0	0.047	0.044	0.0455	0.000303
20.0	0.064	0.059	0.0615	0.000410
25.0	0.082	0.074	0.0780	0.000520
30.0	0.096	0.100	0.0980	0.000653

$E_s = 266.938 \text{ kg/cm}^2$   
 $E = 271.802 \text{ kg/cm}^2$

Carga [t]	Deformaciones			e [mm/mm]
	Mic. 1 [mm]	Mic. 2 [mm]	Prom. [mm]	
1.0	0.001	0.003	0.0020	0.000013
2.0	0.004	0.006	0.0050	0.000033
3.0	0.007	0.008	0.0075	0.000050
4.0	0.009	0.012	0.0105	0.000070
5.0	0.012	0.015	0.0135	0.000090
10.0	0.027	0.030	0.0285	0.000190
15.0	0.043	0.046	0.0445	0.000297
20.0	0.057	0.062	0.0595	0.000397
25.0	0.076	0.081	0.0785	0.000523
30.0	0.095	0.100	0.0975	0.000650

$E_s = 275.667 \text{ kg/cm}^2$   
 $E = K = 16.930 \sqrt{f_c} \text{ kg/cm}^2$

Hoja No. 2 de 3



**CEMEX | CTCC**  
 CEMEX, S.A.B. DE C.V.  
 CENTRO DE TECNOLOGÍA CEMENTO Y CONCRETOS (CTCC)  
 LABORATORIO MATRIZ

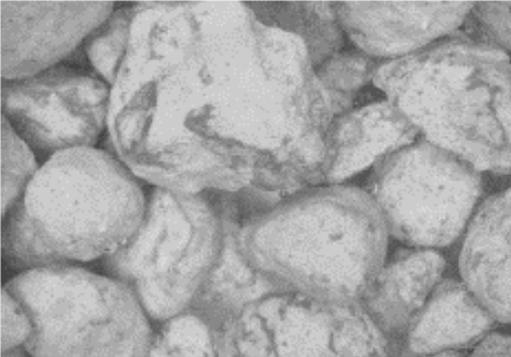
**RMX**

**INFORME DE RESULTADOS**

**LABORATORIO DE PETROGRAFÍA**

**Análisis petrográfico de agregados\***

**CTCC-21- 0000**



**Micrografía 2. Agregado reciclado tamaño arena tipo caliza con forma prismática y bordes subangulosos. Se observa un recubrimiento de color beige asociado a la pasta de concreto.**

Nota: Los resultados, opiniones e interpretaciones son válidos únicamente para la muestra analizada. Es responsabilidad del personal encargado del muestreo que las muestras enviadas sean representativas.

\*Método acreditado ante la EMA. (No. Acreditación C-0491-076/13)

\*\*Método no acreditado

EQUIPO		
Equipo	Identificación	No. Serie
Microscopio estereocópico	Carl Zeiss Stemi 2000-C	41191
Microscopio petrográfico	Carl Zeiss Axio Imager A1m	3519000707
Cámara Axio	Cam MRc	2 48 06 0789 r3.0
Microdurómetro Buehler	Modelo Micromet 5103	631-MIT3-00197

**OBSERVACIONES**

La muestra de agregado reciclado está compuesta por materiales de buena calidad física, químicamente el material se considera inocuo, no hay presencia de materia orgánica y no se encontró en la muestra litología que genere reacción Alcalí-Agregado; por lo tanto el agregado es apto para su uso en concreto.

El muestreo y procedencia del material no fue responsabilidad del laboratorio de Petrografía del CTCC de CEMEX.

Hoja No. 3 de 3



RMX

CEMEX, S.A.B. DE C.V.  
CENTRO DE TECNOLOGÍA CEMENTO Y CONCRETOS (CTCC)  
LABORATORIO MATRIZ

---

**INFORME DE RESULTADOS**

---

**LABORATORIO DE CONCRETO**

---

**DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA A LA TENSIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL**

---

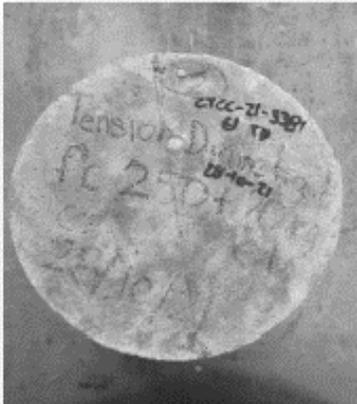
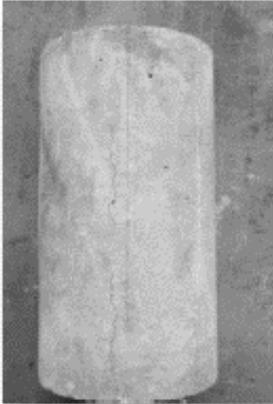
**CTCC-21-3381**

\*\*Prueba NMX-C-163-ONNCE-2019

Clave de espécimen	No. de esp.	Edad de prueba (días)	Diám 1 (mm)	Diám 2 (mm)	Diám 3 (mm)	Diám prom (d) (mm)	Longitud 1 (mm)	Longitud 2 (mm)	Longitud Promedio (mm)	Carga (P) (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (MPa)	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de curado	Tipo de falla
M1	E-1	28	149	150	150	150	301	299	300	18200	25.8	2.5	26.2	Húmedo	Vertical
M1	E-2	28	151	150	151	151	300	300	300	18800	26.5	2.6	-	Húmedo	Vertical

Muestra identificada como: f'c= 250 kg/cm<sup>2</sup> + 20K; de C1

Anexos Fotográficos

E1

Hoja No. 2 de 3



Centro de  
Innovación  
y Desarrollo

**RMX**

CEMEX, S.A.B. DE C.V.  
CENTRO DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO  
LABORATORIO MATRIZ

**INFORME DE RESULTADOS**

LABORATORIO DE CONCRETO

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN**

CTCC-21-3652

Prueba ASTM-C-944-12 \*

No.	Muestra	Parte	Masas (g)				Pérdida de masa total (g)	Promedios de pérdidas de masa por cada ciclo (g)			
			Inicial	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3		Ciclo 1 2min	Ciclo 2 2min	Ciclo 3 2min	
1	13/11/2021 E1 30 días	Superior	2,785.2	2,779.2	2,774.7	2,771.1	14.1	Superior	6.0	10.5	14.1
		Medio	2,681.2	2,677.6	2,675.6	2,673.9	7.3	Medio	3.6	5.8	7.3
		Inferior	2,657.8	2,652.7	2,649.4	2,647.2	10.4	Inferior	4.9	8.2	10.4
2	13/11/2021 E2 30 días	Superior	2,520.5	2,516.7	2,513.8	2,511.3	9.2	Superior	3.8	6.7	9.2
		Medio	2,550.6	2,548.5	2,547.0	2,545.6	5.0	Medio	2.1	3.8	5.0
		Inferior	2,803.1	2,800.2	2,597.9	2,595.6	7.5	Inferior	2.9	5.2	7.5

Código largo: 1-250-2-C-28-14-1-1-XXX

Prueba MCR con +20kg de CL.

Pérdida de Masa (g)	Usos Aptos
0 a 2	Tránsito vehicular pesado con ruedas metálicas
2 a 3	Tránsito vehicular pesado sin ruedas metálicas
3 a 4	Tránsito vehicular ligero
Mayor a 4	Tránsito peatonal

Nota: Los resultados, opiniones e interpretaciones son válidos únicamente para la muestra analizada. Es responsabilidad del personal encargado del muestreo que las muestras enviadas sean representativas.

**EQUIPO**

Equipo	Identificación	No. Serie
Máquina de abrasión	ABRA-01	MA-LD-01
Tacómetro	TAC-02	-
Báscula RADWAG	LF-BAS-01	WLC10/A2

**OBSERVACIONES**

El muestreo y procedencia de los especímenes no fue responsabilidad del laboratorio matriz de CEMEX.

Los especímenes de concreto se recibieron en condiciones aceptables para realizar la prueba.

\* Método acreditado ante la EMA. (No. Acreditación C-0491-076/13)

\*\* Método no acreditado

Anexo 5

INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUBBASE HIDRAULICA						
OBRA:		REPORTE No.	1			
		ENSAYE No.	1			
<b>MATERIAL DE CEMEX</b>		MUESTRA No.	ALTERADA			
		FECHA DE RECIBIDO	11/02/2021			
		FECHA DE INFORME	12/02/2021			
		CLAVE DE OBRA	JCCEMEX			
DATOS DEL MUESTREO	MATERIAL PARA CAPA DE: <u>PARA <math>\Sigma L \leq 10^6</math></u>	$\phi \Sigma L > 10^6$	<b>X</b>			
	DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DEL MATERIAL					
	CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO					
	TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO					
	UBICACIÓN DEL SITIO DE MUESTREO	PLANTA CEMEX - MATERIAL RECUPERADO				
M.E. SECA SUELTA, (kg/m <sup>3</sup> )	1,624.12					
M.E.S. MÁXIMA, (kg/m <sup>3</sup> )	2,084.11					
HUMEDAD ÓPTIMA, (%)	10.36					
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA	MALLA mm , DESIG.	% QUE PASA				
	75.0 3"	100.00				
	50.0 2"	100.00				
	37.5 1 1/2"	100.00				
	25.0 1"	99.62				
	19.0 3/4"	91.79				
	9.5 3/8"	62.62				
	4.69 No. 4	57.40				
	2.00 No. 10	31.66				
	0.85 No. 20	18.41				
	0.425 No. 40	11.94				
	0.250 No. 60	9.82				
	0.149 No. 100	8.13				
0.075 No. 200	6.56					
<b>GRAFICA DE COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA</b> 						
VALOR SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR), (%)	152.57	60 % MINIMO				
EXPANSIÓN, (%)	1.76					
EQUIVALENTE DE ARENA, (%)	67.39	40 % MINIMO				
PARTICULAS ALARGADAS (%)	20.22					
PARTICULAS LAJEADAS (%)	10.69					
PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA DE 9.5 mm						
ABSORCIÓN %	1.47					
DENSIDAD	2.742					
DESGASTE DE LOS ANGELES, (%)	23.51	40 % MAXIMO				
PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA DE 0.425 mm						
LIMITE LIQUIDO, (%)	28.05	25 % MAXIMO	CONTRACCIÓN LINEAL, (%)	1.85	NO APLICA	
LIMITE PLÁSTICO, (%)	25.58	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.		SW-SM		
ÍNDICE PLÁSTICO, (%)	2.47	6 % MAXIMO	Cu.	29.3	Cc.	1.31
OBSERVACIONES: NORMA: N CMT 4 02 001/16						
RELACION QUE PASA LA MALLA DE 0.075 mm AL QUE PASA LA MALLA DE 0.425 mm = 0.55						
<b>NO CUMPLE CON EL % DE LIMITE LIQUIDO</b>						
EL LABORATORISTA	JEFE DE LABORATORIO		Vo. Bo.			
ING. BRENDA MEZA	ING. DIEGO MENDEZ M.		ING. JORGE CAMPOS JUAREZ.			

Anexo 6

INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA BASE HIDRAULICA																															
OBRA:	<b>MATERIAL DE CEMEX</b>		REPORTE No. <u>1</u> ENSAYE No. <u>1</u> MUESTRA No. <u>ALTERADA</u> FECHA DE RECIBIDO <u>11/02/2021</u> FECHA DE INFORME <u>18/02/2021</u> CLAVE DE OBRA _____																												
DATOS DEL MUESTREO	MATERIAL PARA CAPA DE: _____ DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DEL MATERIAL _____ CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO _____ TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO _____ UBICACIÓN DEL SITIO DE MUESTREO _____	PARA $\Sigma L \leq 10^6$ <input checked="" type="checkbox"/> $\delta \Sigma L > 10^6$ <input type="checkbox"/>																													
PLANTA CEMEX - MATERIAL RECUPERADO																															
M.E. SECA SUELTA, (kg/m <sup>3</sup> ) <u>1,624.12</u> M.E.S. MÁXIMA, (kg/m <sup>3</sup> ) <u>2,084.11</u> HUMEDAD ÓPTIMA, (%) <u>10.36</u>		<b>GRAFICA DE COMPOSICIÓN GRANULOMETRICA</b> 																													
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>MALLA mm., DESIG.</th> <th>% QUE PASA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>75.0 3"</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>50.8 2"</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>37.5 1 1/2"</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>25.0 1"</td><td>99.62</td></tr> <tr><td>19.0 3/4"</td><td>91.79</td></tr> <tr><td>9.5 3/8"</td><td>62.62</td></tr> <tr><td>4.75 No. 4</td><td>57.40</td></tr> <tr><td>2.00 No. 10</td><td>31.66</td></tr> <tr><td>0.85 No. 20</td><td>18.41</td></tr> <tr><td>0.425 No. 40</td><td>11.94</td></tr> <tr><td>0.250 No. 60</td><td>9.82</td></tr> <tr><td>0.150 No. 100</td><td>8.13</td></tr> <tr><td>0.075 No. 200</td><td>6.56</td></tr> </tbody> </table>	MALLA mm., DESIG.	% QUE PASA	75.0 3"	100.00	50.8 2"	100.00	37.5 1 1/2"	100.00	25.0 1"	99.62	19.0 3/4"	91.79	9.5 3/8"	62.62	4.75 No. 4	57.40	2.00 No. 10	31.66	0.85 No. 20	18.41	0.425 No. 40	11.94	0.250 No. 60	9.82	0.150 No. 100	8.13	0.075 No. 200	6.56		
MALLA mm., DESIG.	% QUE PASA																														
75.0 3"	100.00																														
50.8 2"	100.00																														
37.5 1 1/2"	100.00																														
25.0 1"	99.62																														
19.0 3/4"	91.79																														
9.5 3/8"	62.62																														
4.75 No. 4	57.40																														
2.00 No. 10	31.66																														
0.85 No. 20	18.41																														
0.425 No. 40	11.94																														
0.250 No. 60	9.82																														
0.150 No. 100	8.13																														
0.075 No. 200	6.56																														
VALOR SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR), (%) <u>152.57</u> 80 % MÍNIMO EXPANSIÓN, (%) <u>1.75</u> EQUIVALENTE DE ARENA, (%) <u>67.39</u> 40 % MÍNIMO PARTICULAS ALARGADAS (%) <u>20.22</u> 40 % MÁXIMO PARTICULAS LAJEADAS (%) <u>10.69</u> 40 % MÁXIMO		PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA DE 9.5 mm ABSORCIÓN % <u>1.47</u> DENSIDAD <u>2.742</u> DESGASTE DE LOS ANGELES, (%) <u>23.51</u> 35 % MÁXIMO																													
PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA DE 0.425 mm																															
LIMITE LIQUIDO, (%) <u>26.05</u> 25 % MÁXIMO LIMITE PLÁSTICO, (%) <u>25.58</u> INDICE PLÁSTICO, (%) <u>2.47</u> 6 % MÁXIMO		CONTRACCIÓN LINEAL, (%) <u>1.85</u> NO APLICA CLASIFICACIÓN S.U.C.S. SW-SM Cu, <u>29.3</u> Cc, <u>1.31</u>																													
OBSERVACIONES: NORMA: N CMT 4 02 002/20    RELACION QUE PASA LA MALLA DE 0.075 mm AL QUE PASA LA MALLA DE 0.425 mm = 0.55 <p style="text-align: center;"><b>NO CUMPLE CON EL % DE LIMITE LIQUIDO</b></p>																															
EL LABORATORISTA	JEFE DE LABORATORIO	Vo. Bo.																													
ING. BRENDA MEZA	ING. DIEGO MENDEZ M.	ING. JORGE CAMPOS JUAREZ																													

Buen día a todos, estamos a una semana de cerrar el registro de innovación y solo llevamos dos equipos inscritos, por favor su apoyo en realizar el registro de sus equipos esta semana. Recuerden que no es necesario inscribir sus ideas en esta etapa. Si tienen alguna duda por favor no duden en buscarme.