



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Optimización de Procesos para el Control de Calidad

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Mario Alberto Soberanes Haro

ASESOR DE INFORME

Ing. Heriberto Esquivel Castellanos



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024

Índice

Introducción	3
Objetivo general	4
Objetivos particulares	4
Descripción del reporte	4
I. Características de la empresa.....	6
I.1. Misión	6
I.2. Valores.....	7
I.3. Ubicación	9
I.4. Productos y servicios	9
I.5. Descripción del puesto	17
II. Salud y Seguridad	18
II.2. Participación profesional.....	19
II.2.1. Casos COVID-19.....	19
II.2.2. Impacto de los accidentes	22
II.3. Metodología	23
II.3.1. Registro de casos.....	23
II.3.2. Medidas de prevención de accidentes.....	25
II.3.3. Seguimiento de accidentes.....	28
III. NMX-EC-17025-IMNC-2018.....	34
III.1. Antecedentes.....	34
III.2. Participación Profesional.....	35
III.2.1. Sistema de Gestión Integral.....	35
III.3. Metodología	37
III.3.1. Controles de laboratorio	37
IV. Ahorros de Cemento	42
IV.1. Antecedentes.....	42
IV.2. Participación Profesional.....	44
IV.2.1. Sobreconsumo de cemento y ajustes en la dosificación.....	44
IV.3. Metodología	45
IV.3.1. Estrategias de ahorros.....	45
V. Optimización y Formulación para dosificaciones de concreto.....	53
V.1. Antecedentes.....	53

V.2.	Participación Profesional	53
V.2.1.	Validación para modificación o alta de productos	53
V.3.	Metodología	55
V.3.1.	Diseño de mezclas	55
VI.	Cálculo de Factores.....	65
VI.1.	Antecedentes.....	65
VI.2.	Participación Profesional	65
VI.2.1.	Eficiencia del concreto.....	65
VI.3.	Metodología	66
VI.3.1.	Cálculo de factores de eficiencia del concreto	66
VII.	Conclusiones.....	71
	Referencias	73

Introducción

Durante mi estancia en CEMEX tuve la oportunidad de estar involucrado en diferentes áreas lo que me permite conocer de manera más clara cómo funciona una empresa de gran tamaño en temas de optimización de dosificaciones para mezclas de concreto, certificación de laboratorios, cuidado de los colaboradores, oferta de productos y el uso de nuevas tecnologías en mezclas de concreto.

En el área de Calidad se contribuyen en diferentes aspectos, al realizar un concreto eficiente, se promueven menos reclamos y concretos devueltos lo que impacta significativamente en los costos de operación de la empresa. De igual manera, al tener un cuidado continuo y análisis de los productos ofertados se pueden realizar modificaciones sobre las mezclas de concreto para evitar sobreconsumos de cemento, de esta manera se optimizan los costos en cada dosificación generada.

Los ahorros de cemento influyen significativamente en el costo de elaboración de las mezclas de concreto. Al conocer las cantidades de cemento que se mueven en las mezclas de concreto y el volumen que se suministra, se puede determinar el ahorro o desahorro en los productos.

Continuamente, se tienen ajustes en las dosificaciones debido a los cambios de temperatura o por emergencias que puedan surgir en la zona en donde se está suministrando el concreto. Es por ello, que la formulación en las dosificaciones de mezclas de concreto es primordial, debido a que se genera un producto que cubra las necesidades de los clientes generando la satisfacción del servicio ofertado.

Dentro de la empresa es importante conocer la eficiencia de los concretos, para ello se genera el cálculo de factores en los productos a suministrar en donde se propone una formulación base para el producto e impulsar a que sus diseños sean óptimos conociendo los consumos de cemento y su resistencia real.

Objetivo general

- i. Reflejar mi colaboración en la solución a diferentes proyectos que se me asignaron con los equipos de: Salud y Seguridad; Sistema de Gestión Integral; Optimización y Formulación. De igual manera, se busca presentar la aportación que las actividades realizadas tienen sobre la protección del personal, el enfoque al cliente, el cuidado al ambiente y la optimización de procesos.

Objetivos particulares

- i. Resaltar la importancia en el cumplimiento de la salud y seguridad en el sector privado y los procesos con los que se cuentan, lo cual es difícil encontrarlo en reportes de titulación o tesis.
- ii. Verificar el diseño de mezclas de concreto y cómo analizar los resultados para generar ahorro en el consumo de cemento.
- iii. Presentar mi participación profesional para obtener el título de ingeniero civil.

Descripción del reporte

A lo largo de este reporte describiré las actividades en las que he estado participando durante mi estancia en CEMEX, al estar en diferentes áreas y realizar diversas actividades, las fui desglosando por segmentos.

El área de Salud y Seguridad es un punto de suma importancia en la organización. Colaboré en la creación de diferentes estrategias de comunicación para que la información llegara al personal correspondiente, monitoreando y generando reportes que indiquen el alcance de la información en los diferentes equipos de trabajo.

En el área de Sistema de Gestión Integral realicé el programa de auditorías anual para implementarlo en los laboratorios certificados de la empresa; de igual manera, apoyé en la creación de canales de notificación para que los colaboradores hicieran mención del estatus de su equipo de protección personal, equipo de laboratorios e instalaciones para fomentar

que los colaboradores contaran con la vestimenta adecuada y que tanto los laboratorios como los equipos estén en óptimas condiciones.

Es de suma importancia obtener información ágil y verídica por eso es importante que los laboratorios cuenten con sus certificaciones, equipo y personal adecuado para cada tarea, de esta manera cada Analista de Calidad puede realizar el análisis de manera correcta para proponer ajustes en las dosificaciones que posteriormente nos comparten en el área de Optimización y Formulación para generar su validación y aplicación.

Para medir la eficiencia de los concretos, utilizamos un factor comparativo que nos ayuda a estimar la cantidad de cemento por producto y la resistencia final que se le oferta al cliente, estos factores al ser obtenidos de los resultados que se encuentran en los estadísticos de producto terminado, ayudan a que podamos conocer la eficiencia del concreto en la actualidad.

I. Características de la empresa

Tomando de referencia las características de la empresa en su sitio Web:

CEMEX es una empresa con presencia mundial fundada en México, ofrece diferentes productos y servicios a clientes y comunidades en más de 50 países. Es la tercera compañía con más ventas de cemento al tener una producción anual de 92 millones de toneladas y es la principal empresa productora de concreto premezclado con una capacidad de producción de 92 millones de toneladas anuales, presente en los mercados de América, Asia, Europa, África y Medio Oriente.

Sus principales mercados son México y Estados Unidos al representar alrededor del 55% de sus ventas, un 30% proviene de África, Asia y Europa, el resto de sus ventas provienen de las plantas distribuidas en el resto del mundo. Cuenta con 64 plantas de cemento, 1348 plantas de concreto premezclado, 246 canteras, 269 centros de distribución y 68 terminales marinas.

CEMEX se define como:

Somos una empresa que crea valor sostenido al proveer productos y soluciones líderes en la industria para satisfacer las necesidades de construcción de nuestros clientes en todo el mundo. Nos esforzamos por crear un mejor futuro para nuestra gente, nuestros clientes y nuestros accionistas, consolidándonos como la compañía de materiales para la construcción más eficiente e innovadora del mundo.¹

I.1. Misión

Somos una empresa que crea valor sostenido al proveer productos y soluciones líderes en la industria para satisfacer las necesidades de construcción de nuestros clientes en todo el mundo. Nos esforzamos por crear un mejor futuro para nuestra gente, nuestros clientes y

¹ (CEMEX, Acerca De, 2023)

nuestros accionistas, consolidándonos como la compañía de materiales para la construcción más eficiente e innovadora del mundo.²

1.2. Valores

Los valores son la base de una empresa porque enfocan sus esfuerzos con un sentido social y también expresan las prioridades de la organización, al unirme al equipo de trabajo de CEMEX me sentí identificado con cada uno de ellos y también con gran responsabilidad social por lo que representan cada uno de los puntos.

Nuestros valores son esenciales para nuestra cultura. Ayudan a establecer nuestras prioridades, gobiernan nuestro comportamiento y dan forma a cómo nos perciben nuestros grupos de interés clave y el mundo en general. Son los principios que guían nuestras decisiones en Cemex.

Como parte de la evolución continua de la compañía, estamos actualizando nuestros valores para reflejar mejor nuestra identidad, cultura y prioridades. Esta actualización nos guiará a medida que continuamos trabajando para convertirnos en una empresa aún más sostenible, innovadora y orientada al cliente. A medida que seguimos formando un Cemex más fuerte, debemos comportarnos consistentemente con la mayor integridad, honrando el camino que Cemex ha forjado a lo largo de su historia.

1. Garantizar la salud y seguridad

Nada se antepone a la salud y seguridad de nuestra gente, contratistas y comunidad. La salud y seguridad son una responsabilidad personal. Sigue las políticas y pautas de salud y seguridad y alienta a otros a seguirlas. Se responsable y promueve un entorno que fomente comportamientos seguros.

² (CEMEX, Misión, 2023)

2. Enfocarnos en los clientes

Escucha a nuestros clientes, entiende sus desafíos y bríndales soluciones valiosas de forma eficiente. Fortalecer la relación cercana con el cliente nos diferencia de nuestros competidores. Siempre actúa pensando en los clientes y asegura que hacer negocios con Cemex sea fácil y agradable.

3. Actuar con integridad

Haz lo correcto: sigue nuestro Código de Ética, denuncia de buena fe la mala conducta, inspira y promueve la integridad en el lugar de trabajo, y cumple con tus compromisos, siempre cuidando a nuestra gente, comunidades y recursos naturales.

4. Trabajar como un sólo CEMEX

Aprovecha tu conocimiento, promueve la colaboración y comparte las mejores prácticas entre funciones, roles y geografías para mejorar la forma en que trabajamos en Cemex. Actúa siempre en el mejor interés de la empresa.

5. Fomentar la innovación

Mantén la curiosidad. Busca nuevas formas de ser disruptivo y mejorar el futuro de nuestra industria. Investiga y adopta nuevas tendencias, tecnologías y modelos de negocio. Persigue una mentalidad emprendedora probando nuevas soluciones. Acepta el riesgo, aprende del fracaso e itera rápidamente.

6. Apoyar la diversidad

Respetar y valorar las diferencias entre individuos. Crea y promueve un entorno inclusivo y seguro donde todos se sientan apoyados, respetados y valorados. Escucha diversas perspectivas y experiencias. Mantén una mentalidad de equidad para crear igualdad de trato y oportunidades.³

³ (CEMEX, Valores, 2023)

I.3. Ubicación

A lo largo del país CEMEX tiene diferentes plantas y sucursales. Estuve realizando mis trabajos profesionales desde el Centro de Innovación y Desarrollo (CID), en donde se cuentan con diferentes laboratorios, dos plantas de concreto, talleres mecánicos, simuladores de estructuras, su auditorio y oficinas administrativas. Como podemos observar en la *Ilustración 1* obtenida de maneta satelital por Google Maps, el CID se encuentra ubicado en: Tercera Cerrada De Minas #42 Col. Francisco Villa, Álvaro Obregón C.P.01280, CDMX.

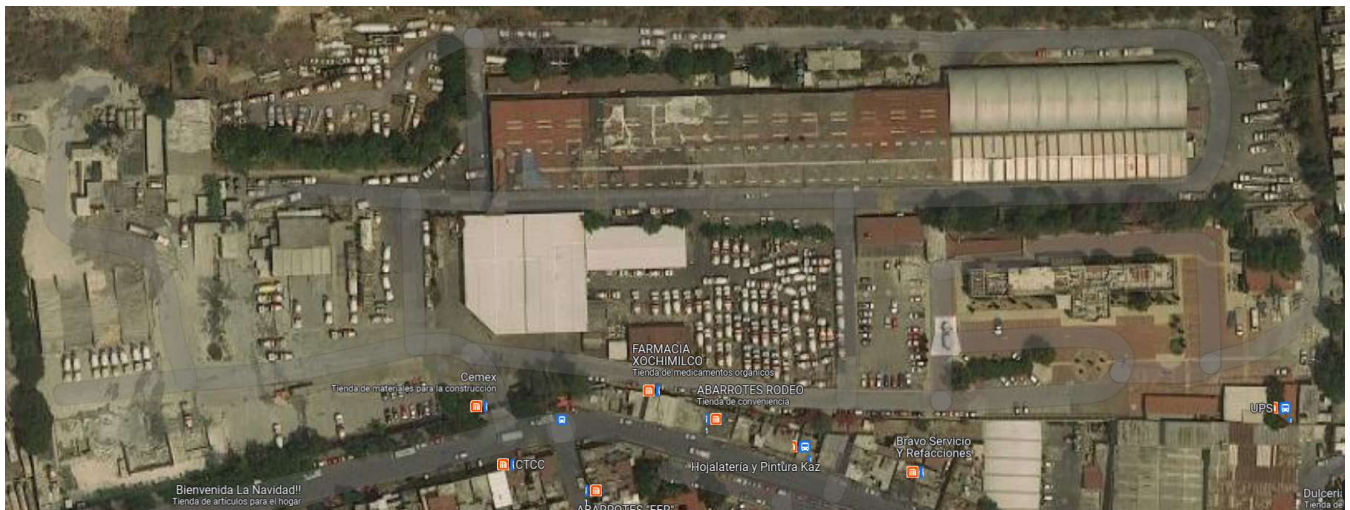


Ilustración 1. Ubicación satelital Centro de Innovación y Desarrollo⁴

I.4. Productos y servicios

Los productos y servicios que ofrece CEMEX son muy variados, cada oferta realizada se adapta a las necesidades de los clientes o comunidades al mejorar el desempeño de las obras y los proyectos que se soliciten.

⁴ (Google, Maps, 2023)

i. Cemento

Cemex cuenta con la mejor calidad de cemento en el país; ofrecemos una amplia variedad de productos con propiedades específicas que pueden ser resistentes al agua, ideales para trabajos de albañilería, para recubrimientos, resistentes a la compresión, repelentes al calor y más.⁵

En la organización me tocó trabajar con los diferentes cementos con los que se cuenta a lo largo del país, verificando que los materiales se adapten a las necesidades de los usuarios. Se pueden encontrar diferentes marcas según la posición geográfica como Tolteca, Monterrey, Anáhuac, Maya, Campana, Centenario y Gallo, los cuales cuentan con un certificado de manera mensual en donde se mencionan las especificaciones físicas, químicas y si cuentan con alguna característica especial.

Los productos que se ofertan son los siguientes:

- a) Cemento Mortero Óptimo: es un producto compuesto de cemento Portland mezclado con adiciones minerales, únicamente se le añade agregado fino y agua para poder colocarse. Se utiliza para pegado de block, paneles de cemento, aplanados, entre otros.
- b) Cemento CEMEX Extra: es cemento Portland compuesto 30R. Esta formulado para evitar grietas en el concreto y se utiliza para usos estructurales de concreto armado, simple o trabajos de albañilería.
- c) Cemento Blanco: es un producto que a comparación del cemento ordinario no contiene hierro y minerales que dan color, de esta manera permite utilizarlo en diferentes elementos o estructuras de concreto armado.
- d) Cemento Impercem: ayuda a proteger contra la humedad al repeler el agua preservando las características de resistencia, rendimiento y tiempos de fraguado. Suele utilizarse en albercas, tanques de agua, pilas o en elementos expuestos a ambientes húmedos.

⁵ (CEMEX, Cemento , 2023)

e) Multiplast: es un producto con cemento blanco, agregados y aditivos que al entrar en contacto con el agua crean una pasta de fácil colocación. Permite crear diferentes tipos de acabados.

ii. Agua

Como parte de las medidas de sostenibilidad está el ahorro de agua en las operaciones. La industria de la construcción se encuentra con uno de los principales sectores contaminantes debido a la cantidad de agua que requieren para la elaboración de proyectos y obras.

Actualmente, se trabaja con diferentes tipos de agua en las operaciones como es el uso de agua potable, agua tratada, agua reciclada y agua de lluvia. Para utilizar el agua en las mezclas de concreto deben cumplir con las normativas establecidas por la Norma Oficial Mexicana NMX-C-122-ONNCCE-2019, donde se especifica los parámetros para el uso de agua en el concreto.

Trabajamos constantemente en encontrar maneras de hacer mejor uso del agua en nuestras operaciones. Entre los ahorros significativos que hemos logrado en la materia, se encuentran las disminuciones en el consumo específico y neto de agua en un 15.4% y 25.6% respectivamente, en los últimos 10 años. ⁶

En la generación de concreto se utilizan en promedio, alrededor de 165 litros de agua por metro cúbico que es el 16% de la mezcla final, este consumo va a depender las características requeridas por los clientes y cumpliendo con las normas de cada región. Es por esta razón que se está optando por el uso de agua reciclada en la cual se estudian sus propiedades fisicoquímicas que no afecten en las características del concreto y el comportamiento en durabilidad, trabajabilidad, resistencia u otros aspectos que requiera el diseño.

iii. Agregados

⁶ (CEMEX, Uso del Agua, 2023)

CEMEX cuenta con 246 canteras en el mundo, lo que permite obtener los agregados para producir concreto.

El agregado es un material granular (arena, grava, piedra triturada o escoria) usado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico. Puede utilizarse en su estado natural o bien, triturado, de acuerdo a su uso y aplicación.⁷

Los agregados se clasifican por tamaño, origen, modo de fragmentación y composición; forman parte primordial en la mezcla de concreto, debido a su contribución con la resistencia mecánica del concreto e influyen significativamente en el consumo de cemento.

Dentro de la organización se extrae arena y grava que se requieren para el suministro de los concretos a los diferentes proyectos como carreteras, edificaciones, elementos prefabricados, entre otros.

Todos los productos deben cumplir con lo establecido en Norma Mexicana NMX-C-111-ONNCE, Industria de la construcción - Agregados para concreto hidráulico - Especificaciones y métodos de prueba. De esta manera se corrobora que los materiales utilizados cumplan con la calidad requerida para ofertar las mejores soluciones de concreto.

iv. Aditivos

CEMEX Aditivos inicia operaciones en México en 2013 innovando en el desarrollo de productos para tu obra con la última tecnología y el profesionalismo que nos caracteriza como empresa, sin olvidar el cuidado del medio ambiente.⁸

Anteriormente, los aditivos eran adquiridos por proveedores externos. Recientemente, se abrió un área de investigación interna donde se generan diferentes tipos de aditivos para mejorar las propiedades del concreto y se adapte a las necesidades del proyecto.

Los aditivos con los que se cuenta actualmente son los siguientes:

⁷ (CEMEX, Agregados, 2023)

⁸ (CEMEX, Aditivos, 2023)

- a) Reductores de agua de mediano rango: los aditivos plastificantes de la familia FLUIDX son potentes fluidificantes para todo tipo de condiciones y materiales.
- b) Reductores de alto rango: la familia de productos FLEX y FLOWX son aditivos desarrollados para la fabricación de concreto premezclado donde se requiera elevada fluidez.
- c) Aditivos retardantes: los productos VITAX son aditivos que extienden o estabilizan el fraguado del concreto en función de la dosificación elegida.
- d) Aditivos acelerantes: la familia XELX son aditivos que reducen el tiempo de fraguado y endurecimiento del concreto.
- e) Aditivos inclusores de aire: los agentes espumantes e inclusores de aire de la familia FOAMX permiten la preparación de concretos y morteros muy ligeros.
- f) Aditivos exclusores de aire: Los aditivos DENSE son formulados para expulsar el alto contenido de aire de concreto y mortero generado por el efecto de los materiales y mezclado.
- g) Membranas de curado: la familia de membranas de curado CURAX son tratamientos superficiales que se aplican al concreto ya colocado.
- h) Supresor de polvos: los supresores de polvo DUSTX son productos destinados a reducir las emisiones de polvo al cielo abierto que se generen en caminos, terraplenes, etc.
- i) Desmoldante: los desmoldantes CIMBRAX son productos químicos que se aplican a la cimbra antes de colar el concreto.
- j) Tratamiento de concreto devuelto: los productos de la familia ISOCYCLE son formulados para tratar de una forma sostenible concreto fresco que por alguna razón operativa fue devuelto.
- k) Performance especial: dentro de los productos de performance especial se encuentran aditivos para elementos de concreto como prefabricados, mampostería, extruidos, etc.⁹

⁹ (CEMEX, Aditivos, 2023)

v. Concreto

CEMEX ofrece una amplia gama de soluciones integrales de concreto para la construcción. Nuestras soluciones mejoran el desempeño de las obras, de acuerdo a los proyectos específicos de nuestros clientes constructores, como pueden ser: desarrollos de proyectos de infraestructura, desarrollos de vivienda, pavimentos, obras industriales, desarrollos de construcción vertical y construcciones pequeñas.¹⁰

Los concretos elaborados deben cumplir con lo establecido en las Normas Mexicanas (NMX) y el Instituto Americano del Concreto (ACI). Se han desarrollado diferentes productos para cumplir con las características solicitadas durante la construcción que a continuación se describen:

- a) Evolution: se caracteriza por ser un concreto muy fluido o autocompactable, resistente a la segregación y cohesión, lo que permite una colocación sencilla. Se utiliza para relleno y nivelación en azoteas, bases y subbases para pavimentos, construcción de terraplenes, entre otras.
- b) Vertua: son concretos que generan una reducción de las emisiones de dióxido de carbono preservando el diseño solicitado. De esta manera se impulsa el construir de manera sostenible al reducir del 30 al 100% de emisiones de dióxido de carbono para preservar el planeta.
- c) Aparentia: Es un producto arquitectónico que permite alcanzar cualidades estéticas al utilizar colores, agregados y/o cementos específicos. Sus aplicaciones pueden ser en fachadas, pavimentos, muros, losas, pisos, andadores, entre otros; dentro de los beneficios está el sustituir el uso de pinturas, recubrimientos adicionales, ofrece acabados en elementos, mejora la productividad disminuyendo los tiempos de ejecución de obra.
- d) Pavicrete: es un concreto que permite tener un alto desempeño en superficies de rodamiento que se encuentran sujetas a esfuerzos de flexo compresión. Se utiliza en

¹⁰ (CEMEX, Concretos, 2023)

pavimentos, estacionamientos, vialidades, naves industriales, autopistas, entre otras; algunos beneficios son el incremento de la seguridad en el manejo, reducción de costos de mantenimiento, aumenta la reflectancia lumínica, mejora el comportamiento a la flexocompresión que los concretos convencionales, entre otras.

- e) Impercem: tiene una tecnología repelente al agua disminuyendo la presencia de manchas de humedad y el costo por uso de impermeabilizantes. Se pueden aplicar en cimentaciones, muros, losas de azoteas, columnas, pilas, terrazas, entre otras; sus beneficios son la repelencia al agua en la superficie del elemento colado, reducción de costos por mantenimiento, evita la aparición de salitre y manchas derivadas por humedad en el concreto.
- f) Duramax: se diseñan para tener una alta durabilidad a la exposición ambiental. Es recomendable en construcciones en zonas costeras, elementos de concreto que estén en contacto con agua o suelos agresivos, presas, elementos sometidos a abrasión mecánica o hidráulica, plantas de tratamiento o cámaras frigoríficas; benefician al prolongar la vida útil de la estructura, aumentar la resistencia al ataque de agentes agresivos, mitiga los daños en generados al concreto en zonas ricas en sales.
- g) Biocrete: esta tecnología se divide en tres tipos antibac, antitermita, antihongo - antialga. Estas tecnologías evitan el crecimiento de bacterias, hongos, algas o ingreso de termitas en la superficie del concreto, está enfocada para construcciones donde la higiene es primordial para su operación como hospitales, clínicas, laboratorios, tanques de almacenamiento, comedores, entre otros; de esta manera se reducen los costos en los procesos de desinfección, previene el crecimiento de bacterias y ayuda a reducir tiempos por el proceso de desinfección.
- h) Fortis: son los concretos que logran alcanzar altas resistencias a la compresión desde 400 hasta 1000 kg/cm² a las edades especificadas por el proyecto. Suelen utilizarse en edificios de gran altura o elementos que requieran soportar cargas gravitacionales, laterales y por viento; ayuda a reducir la cuantía de acero de refuerzo en la estructura, incrementa el área rentable de la edificación, incrementa la vida útil de la estructura, reduce costos en comparación con otros materiales.

- i) Hidratium: promueve el curado interno al hacer más eficiente la hidratación del cemento, favorecer la cohesión, mejorar la trabajabilidad y facilitar el acabado del concreto. Se recomienda aplicar en pavimentos, muros, columnas, travesaños o elementos donde la aplicación de un curado tradicional sea compleja; ayuda a reducir los efectos de las deficiencias del proceso de aplicación del curado convencional, mejora la trabajabilidad para facilitar su acabado, ayuda en la disminución de agrietamiento por contracción plástica de hasta un 20%.
- j) Density: son concretos con menor peso a comparación de un concreto convencional. Se pueden utilizar en capas de nivelación en pisos o losas, muros divisorios, fachadas, elementos arquitectónicos o muros Tilt Up; ayuda a reducir las cargas muertas en las estructuras, optimizar el costo de la cimentación y tiene un mejor aislamiento acústico.
- k) Ingenia: Son concretos que ayudan al incremento del rendimiento al optimizar los tiempos de colocación por su diseño de mezclas y el proceso que lleva para colocarlos, pueden utilizarse como morteros, concretos de trabajabilidad extendida, antideslave, lanzado o pesado, según sea lo que requiera el proyecto.
- l) Pisocret: este tipo de concretos ofrecen ahorros en los procesos constructivos y de mantenimiento en proyectos de pisos industriales, pueden ser baja contracción o contracción compensada. Ayuda a reducir la cantidad de cortes de juntas y la superficie es menos propensa al agrietamiento dando una mayor vida útil.
- m) Promptis: son concretos que cumplen con resistencias a edades tempranas que van desde las 4 horas a las 72 horas. Según sean las especificaciones del proyecto se pueden utilizar alguna de las siguientes especificaciones: CCAV son acelerados para vivienda y losas donde la resistencia a la compresión sea menor a 150 kg/cm² a los 28 días; CREA son concretos acelerados con una resistencia a la compresión entre 150 a 600 kg/cm² a edades menores a 24 horas, se utiliza en reparaciones; Ultra acelerado son resistencias a partir de 300 a las 3 horas y permite suministrarse con flujos de revenimiento desde 50 a 80 cm; SMO son concretos acelerados y autocompactables.
- n) Reducrack: es un concreto que permite disminuir el fisuramiento por contracción plástica, de esta manera se mejora la apariencia de los elementos cuando las condiciones de temperatura, humedad y viento influyen en la colocación. Se pueden

aplicar en diferentes elementos estructurales, pavimientos, losas, losacero, vigueta bovedilla, muros, balcones, patios, entre otros.

- o) Pervia: son concretos que permiten el paso de agua para recargar mantos acuíferos o recolectarla para reutilizarla. Se pueden utilizar en vialidades de tránsito ligero, estacionamientos, banquetas, ciclistas, canchas, parques o explanadas.

vi. Servicios

La organización brinda diferentes tipos de servicios que van desde el suministro de material, soluciones por medio de BIM, estrategias para la optimización de procesos en los proyectos e incluso apoyo para construcción o remodelación de viviendas o negocios para migrantes.

1.5. Descripción del puesto

Como Analista Ginco, pude contribuir en el área de Salud y Seguridad al dar seguimiento a incidentes y prevención de los mismos, que involucraban a los colaboradores pertenecientes a la gerencia de Soporte Técnico y Calidad. También, me tocó estar en monitoreo constante de las personas que llegaron a contagiarse de COVID-19 y realizar los reportes diarios de su estatus de salud para brindarles el apoyo necesario.

En el área de Optimización y Formulación brindé apoyo al personal perteneciente al área de Control de Calidad, que son parte de la gerencia de Soporte Técnico y Calidad de CEMEX. Por medio de la herramienta Ready Mix Quality (RMQ), donde el personal de cada planta puede consultar los resultados de sus pruebas y dosificación para generar estrategias de mejora continua en la optimización de los procesos.

RMQ es una herramienta interna elaborada para el control de las dosificaciones para mezclas de concreto, donde podemos obtener resultados estadísticos de dosificación de los materiales y ser un filtro adicional en la calidad de los productos.

En el área de Optimización y Formulación apoyé en la revisión de los procesos y se proponen algunas estrategias para la dosificación óptima en mezclas de concreto; de igual manera, me tocó brindar capacitaciones para el uso de las herramientas junto con la verificación de las solicitudes en los productos.

II. Salud y Seguridad

II.1. Antecedentes

CEMEX es una empresa comprometida con el bienestar de sus colaboradores y el cuidado de ellos en las diferentes actividades que realiza, en la organización se tienen planteadas diferentes prioridades estratégicas y una de ellas está enfocada en la salud y seguridad. Al ofrecer espacios seguros, actualizaciones constantes y fomentando el sentido de responsabilidad en el cuidado tanto de sí mismos como de los compañeros de trabajo.

Con lo establecido en la Ley Federal del Trabajo y las Normas Oficiales donde se establecen las condiciones de seguridad y salud en el trabajo NOM-031-STPS-2011, se realizaron los diferentes trabajos.

En marzo del 2020, México entró en alerta sanitaria debido a la pandemia generada por el COVID-19, durante este año dentro de los indicadores de salud y seguridad que me correspondía actualizar, estaban las fatalidades de empleados y los incidentes incapacitantes de empleados ya sea por enfermedad o accidentes generados dentro o fuera de la planta.

Al tener constante comunicación con los jefes del área de Calidad y las personas contagiadas por parte del área de Salud y Seguridad donde estuve colaborando, brindamos apoyo a los

colaboradores de manera rápida y canalizándolos con las áreas correspondientes para mitigar el contagio entre ellos. Algunos protocolos implementados fueron: higiene personal, distanciamiento social, filtros en el lugar de trabajo, limpieza en el lugar del trabajo, entre otros.

II.2. Participación profesional

II.2.1. Casos COVID-19.

Cuando realicé el levantamiento de los colaboradores en la empresa, noté la gran participación de personal para atender las plantas en México, es por esta razón que se tuvieron diferentes líderes en cada unidad de negocio para compartir la información de manera oportuna y poder apoyar en gestionar las atenciones adecuadas.

En todo el país, brindé apoyo impulsando los protocolos de higiene y seguridad establecidos por la organización mediante infografías, reuniones remotas, cursos, capacitaciones e informes semanales con el objetivo de mitigar los riesgos del COVID-19 tanto con los colaboradores como con las personas con las que se interactuaban, de esta manera se disminuyeron los posibles riesgos existentes. Dentro de los protocolos establecidos se encuentran los siguientes puntos:

- I. Funciones y responsabilidades
 - a. Patrones: son los encargados de reportar el estatus de su personal para gestionar el equipo de protección personal y el cuidado de su plantilla. Con ellos me tocaba realizar el seguimiento de su personal a cargo y verificar que en sus unidades de negocio se contara con las medidas necesarias.
 - b. Personal en el sitio: son los encargados de brindar el apoyo a clientes y deben cumplir con la normatividad de protección personal para evitar algún posible contagio con el personal. Tenía contacto con ellos cuando se reportaban con síntomas o posibles contagios.

- II. Recomendaciones generales. Las generábamos en el área de Salud y Seguridad compartiendo los informes, infografías y comunicados.
- III. Medidas preventivas
 - a. Controles de acceso y detección en la entrada al sitio de construcción: se realizan inspecciones del personal junto con la desinfección de su área de trabajo y sus pertenencias. Para verificar los controles de acceso, se solicitaba evidencia visual como videos o imágenes las cuales recopilé para generar los informes de avance semanal.
- IV. Medidas de respuesta
 - a. Procedimiento si alguien se enferma: realizaba el monitoreo y contacto.
 - b. Cuarentena preventiva: contactaba al colaborador para dejarlo aislado y en descanso hasta que su prueba de COVID-19 sea negativa y no presente síntomas.
 - c. Comunicación y concientización: realizábamos los comunicados para replicar la información con los compañeros y tomar las medidas de prevención pertinentes.
- V. Protocolos de limpieza
 - a. Limpieza y desinfección de áreas / laborales / oficina: todos estábamos encargados que después de utilizar un área se realice la limpieza.
 - b. Frecuencia de limpieza: por parte del área de Salud y Seguridad nos contactábamos con las plantas y oficinas pertenecientes a Calidad para seguir el programa de desinfección a fondo de las áreas.
 - c. Instrucciones para limpieza y desinfección: en los protocolos de limpieza que compartíamos con las diferentes áreas se establecieron los pasos a seguir para evitar algún tema de contagio.
 - d. Puntos de acceso a la obra: se propusieron en algunos casos para que al ingresar a obra se implementaran filtros de limpieza.
 - e. Trabajo remoto: para evitar contagios impulsamos a que las áreas o los trabajos se puedan realizar a distancia siempre y cuando no afecten en la operación y la entrega de resultados.

VI. Operaciones

- a. Recomendaciones para áreas de obra: establecimos protocolos para evitar contagios y como poder trabajar en las obras.
- b. Recomendaciones para empleados y contratistas: compartimos los protocolos de salud con los contratistas y sugerencias para reunirse.
- c. Limitación y eliminación de áreas de puntos de contacto internos: establecimos cierres de algunas zonas de reunión o puntos de conglomeración.
- d. Operación en la obra: colaboré en la generación de los protocolos para trabajar de manera segura y disminuir los contagios.
- e. Recomendaciones para recepción de productos: establecimos y compartimos los protocolos para el suministro de materiales dentro y fuera de las plantas.
- f. Recomendaciones para oficina y administración: con los protocolos impulsamos la limpieza constante, la distancia entre colaboradores y el aforo máximo en espacios reducidos.
- g. Lugares para cafetería y alimentos: establecimos el cierre de algunas áreas, en caso de estar al aire libre se especifica que lugares se pueden utilizar cumpliendo con la sana distancia.
- h. Instrucciones para movimiento de personal desde y hacia la obra: compartimos el protocolo para que en todos los casos de desplazamiento sea indispensable contar con su equipo de protección personal y evitar transportarse en grupos aglomerados.
- i. Tu vehículo: establecimos el protocolo de como viajar con más personas en el vehículo y mitigar riesgos de contagio.
- j. Coordinador de obra COVID-19: es el encargado de verificar que los protocolos en obra se cumplan para evitar contagios. Para corroborar el cumplimiento, generábamos reuniones de trabajo y avances para detectar áreas de oportunidad.

Dentro de mis funciones adicionales en esta área estaban las siguientes:

- Generé bases de datos del personal a monitorear y realizar sus actualizaciones de manera semanal. Estas bases ayudaron a tener seguimientos puntuales a los colaboradores para rastrear que no estuvieran contagiados o darles la atención necesaria.
- Brindé herramientas para que el personal compartiera su estatus de salud mediante formularios electrónicos, correos y contacto por llamada. De esta manera se agilizó la obtención de información sin exponer a ningún colaborador en riesgo de contagio.
- Me contacté con los patrones, personal en sitio y coordinadores COVID-19 para verificar el estatus de salud de los colaboradores quienes nos detallaban la situación en la que se encontraba su personal a cargo.
- Corroboré que se atendiera a los colaboradores que presentaran síntomas o tuvieran contacto con alguien enfermo al estar en contacto con los afectados o jefe directo.
- Era el encargado de realizar los reportes diarios para el Director del Centro de Innovación y Desarrollo quien apoyaba en la gestión oportuna de servicios para el personal que lo requería.
- Estuve en la verificación de la liberación del personal. Tenía que revisar que no presentaran síntomas y contaran con resultados negativos a COVID-19 en las pruebas realizadas por los doctores o laboratorios establecidos en cada planta.

II.2.2. Impacto de los accidentes

Dentro de la industria de la construcción se pueden presentar diversos peligros y situaciones que pongan en riesgo a los colaboradores o personas con las que se trabaja en el negocio tanto dentro como fuera de las instalaciones. Adicionalmente, durante los últimos años se han presentado riesgos externos como el virus COVID-19 que podrían causar algunas afectaciones en las operaciones.

Para prevenir y mitigar el riesgo en las operaciones me tocó elaborar infografías de uso interno de la organización, lo que no me permite mostrarlas en el desarrollo de este trabajo. En ellas se indicaban diferentes medidas para evitar accidentes, el uso correcto del equipo

de protección personal, mantener dicho equipo en buenas condiciones y apoyando con la gestión de la renovación de los equipos según se demande, de igual manera apoyé en la impartición de capacitaciones y pláticas para la concientización de los riesgos.

Cuando llega a presentarse algún incidente, la organización otorga las prestaciones establecidas por ley dando al afectado las atenciones requeridas y adicionalmente se cubrían por un seguro que apoyara al colaborador en los gastos que se requiera. En CEMEX México hemos trabajado arduamente para minimizar los riesgos y evitar involucrarse en algún accidente.

Colaboré en la elaboración y actualización de diferentes protocolos que permiten tomar acciones de manera oportuna en los comportamientos que salvan vidas, detectamos al personal que carecía de alguna capacitación o desconocía información para hacerla llegar y compartirla. De igual manera, compartimos los TOMA 5, VFL (Liderazgo Visible y Sentido) y registro del personal que excedía las velocidades máximas al conducir con el utilitario de la empresa.

Estuve en colaboración con diferentes Gerencias y Dirección para mitigar la fatiga laboral que se presenta en la operación de CEMEX, debido a que gran parte de los incidentes se debía a cansancio o jornadas excedidas en el trabajo.

Durante el año 2021 y 2022 estuve apoyando en obtener los registros de los incidentes generando un análisis completo para conocer la causa del incidente y compartir la información con el resto del personal para evitar que los colaboradores estén en situación de riesgo.

II.3. Metodología

II.3.1. Registro de casos

El registro de casos era por medio de los coordinadores COVID-19 en cada plaza y nos ayudaron a contactar al colaborador que fue contagiado, posteriormente una persona se

pone en contacto con el afectado y se da seguimiento personalizado para gestionar los cuidados de manera oportuna y evitar fatalidades. Me tocó contribuir en el seguimiento de los casos el cual era reportado a Dirección para gestionar de manera ágil equipos, hospitalizaciones y si se requería algún proceso adicional.

En el seguimiento de los casos era importante conocer cuántos colaboradores se tienen en seguimiento, cuantos están dados de alta y si se tenían algunos casos nuevos. Para el caso de los nuevos era necesario especificar el motivo por el que entraban, el nombre completo, su puesto, los síntomas que tenían, si contaban o no con las vacunas, la edad del colaborador, su antigüedad, cuando se realizaría su prueba COVID-19 y si ya se la realizó o en que estatus se encuentra.

Para obtener el monitoreo de los colaboradores tuve que apoyar en la generación de un formulario virtual utilizando herramientas como Forms Office donde se realizaban encuestas diarias, este formulario nos permitía obtener la información de manera ágil y nos fue de gran utilidad para tener el alcance esperado.

Cuando se tiene en el registro o la notificación de que algún colaborador presentaba síntomas o tenía contacto con alguien sospechoso a COVID-19, inmediatamente se le daba la indicación al colaborador de permanecer en confinamiento y se realizaba la cita con el doctor que se ubica en la planta para revisar y diagnosticar el estatus del colaborador.

En la *Ilustración 2*, muestro la forma de llenado de un reporte con un caso nuevo y uno en seguimiento, los casos son ficticios y únicamente se utilizan para ejemplificar el reporte con los formatos que yo elaboré para entregar a las áreas correspondientes dentro de la organización:

RESUMEN	POSITIVO COVID-19. ATENCIÓN EN CASA	POSITIVO COVID-19 HOPITALIZADOS	SOSPECHOSOS POR SÍNTOMAS			SOSPECHOSOS POR CONTACTO			CASOS TOTALES ACTIVOS	ALTAS
ACUMULADO	1	0	0			0			1	0
IDENTIFICADOS EL DÍA DE HOY	0	0	1			0			1	0
POSIBLES CASOS A LIBERAR EN LA SEMANA DEL 01 DE AGOSTO AL 07 DE AGOSTO		2				POSIBLES CASOS A LIBERAR EN LA SEMANA DEL 08 DE AGOSTO AL 15 DE AGOSTO				0
CASOS NUEVOS										
TIPO DE CASO	NOMBRE DEL TRABAJADOR	COMENTARIOS RELEVANTES EL DÍA DE HOY	DÍAS EN SEGUIMIENTO	ESCALA ESTADO DE SALUD	ESTATUS DE VACUNACIÓN	EDAD	ANTIGÜEDAD EN LA EMPRESA	FECHA EN QUE SE IDENTIFICA EL CASO COMO POSITIVO	FECHA APLICACIÓN DE PRUEBA COVID-19	FECHA TENTATIVA DE ENTREGA RESULTADOS PRUEBA COVID 19
SOSPECHOSO POR SÍNTOMAS	JUAN MANUEL PEREZ PEREZ Analista de Calidad Mérida	El último día que se presenta a trabajar fue el jueves 28 de julio del 2022, menciona respetar los protocolos de salud y seguridad y portar su EPP en todo momento. El día de hoy se reporta con dolor / ardor de garganta, dolor de cuerpo y tos seca. En espera de aplicación de prueba COVID-19. Se encuentra bajo confinamiento.	1	3	Esquema completo (2 dosis + refuerzo)	35 años	10 años	No aplica	04.08.22	04.08.22
CASOS POSITIVOS										
TIPO DE CASO	NOMBRE DEL TRABAJADOR	COMENTARIOS RELEVANTES EL DÍA DE HOY	DÍAS EN SEGUIMIENTO	ESCALA ESTADO DE SALUD	ESTATUS DE VACUNACIÓN	EDAD	ANTIGÜEDAD EN LA EMPRESA	FECHA EN QUE SE IDENTIFICA EL CASO COMO POSITIVO	FECHA DE VALORACIÓN MÉDICA PARA LIBERACIÓN POR LINEAMIENTOS	
POSITIVO COVID-19	JOEL HERNANDEZ LOPEZ Laboratorista Torreón	Se reporta con dolor de cabeza y dolor de cuerpo. Se encuentra bajo tratamiento médico. En espera de aplicación de prueba COVID-19 para liberación	8	4	Esquema completo (2 dosis + refuerzo)	40 años	11 años	29.07.22	05.07.22	

Ilustración 2. Ejemplo de generación de reporte (Los datos mostrados son ficticios por confidencialidad)

Una vez realizado el reporte, lo entregábamos a diferentes niveles de trabajo como es Dirección, Gerencia, su jefe directo y al equipo de Coordinadores COVID-19, para que estuvieran al tanto de los casos actuales y si era necesario brindar algún apoyo adicional.

II.3.2. Medidas de prevención de accidentes

El valor número uno de la organización es la salud y seguridad, este punto no solo se centra en el cuidado del personal, también contempla a los contratistas y todo el equipo involucrado en las diferentes actividades relacionadas con la organización. A lo largo del tiempo, se han propuesto diferentes metodologías para prevenir accidentes.

Al establecer una cultura de seguridad dentro de la organización fuimos como responsables de fomentar una cultura empresarial que valora la seguridad y promover la participación de todos los empleados en la prevención de accidentes. Para hacer todo esto

posible realizamos diferentes actividades que incluyen capacitación constante en seguridad, conciencia constante y promoción de buenas prácticas, tanto de manera individual como grupal impulsando que todos regresen con bien a casa ligado a la NOM-017-STPS-2008.

Estuve participando en el monitoreo y seguimiento de las capacitaciones, validando que los colaboradores pertenecientes al área de Calidad tomaran sus respectivos cursos, de igual manera generé infografías con información relevante para la prevención de accidentes.

Impulsamos a que el personal realizara la identificación y evaluación de riesgos. Para ello se han generado diferentes herramientas que permiten realizar una evaluación exhaustiva de los riesgos laborales presentes en todas las áreas de trabajo de CEMEX México. De esta manera se pueden identificar los peligros potenciales, tanto físicos como químicos, y se desarrollan protocolos y medidas preventivas para minimizarlos. Para esta identificación se cuentan con dos herramientas principales que son:

- VFL: es el programa de Liderazgo Visible y Sentido que por sus siglas en inglés se abrevia como VFL. Con esta herramienta se puede identificar riesgos en las instalaciones o de alguna actividad que se realiza bajo algún riesgo como algún obstáculo en el camino que puede provocar algún tropezón o impida el paso de las carretillas, este programa se utiliza dentro y fuera de las plantas.
- Toma 5: esta herramienta sirve para identificar riesgos antes de realizar alguna actividad y consiste en realizar 5 pasos antes de empezar:
 - Parar: pensar en los potenciales riesgos que se ligan a la actividad.
 - Analizar e identificar: se verifican las acciones de riesgo.
 - Evaluar: si en la actividad existe riesgo potencial de daño o lesión.
 - Controlar: revisar si se pueden mitigar los riesgos y que medidas implementar.
 - Verificar: una vez que los peligros son neutralizados se puede llevar a cabo la actividad sin exponerse a daños.

Los colaboradores del área de calidad deben cumplir con realizar su Toma 5 antes de iniciar una actividad y dicho Toma 5 se registraba para que pudiéramos monitorear que cumplieran con realizar sus actividades de manera segura. En caso de que encontraran alguna anomalía

realizaban su VFL y se recomendaba que semanalmente realizaran un levantamiento para inspeccionar sus instalaciones verificando que su entorno sea seguro y en caso de encontrar alguna incidencia se reportara oportunamente.

De manera periódica tenía que realizar cuestionarios por medio de Forms para conocer el estado de su equipo de protección personal (EPP) y poder gestionar de manera oportuna el equipo que se requiera. Se brindan EPP dentro de la empresa para asegurarse de que todos los empleados tengan acceso y lo utilicen adecuadamente para la realización de sus actividades como lo establecen las Normas y Leyes respectivas. Esto puede incluir cascos, gafas de seguridad, guantes, calzado de seguridad y ropa de protección.

En la empresa se cuentan con diferentes equipos y maquinaria, de manera constante se les genera su respectivo mantenimiento o calibración realizando inspecciones regulares. Para generar la captura y seguimiento de los registros, se utilizan los VFL donde se visualizan los riesgos de manera tangible que permitían que en el área de Seguridad brindáramos un seguimiento quincenal, de esta manera podemos monitorear que los puntos detectados estén mitigados o se reporte si se requiere algún apoyo adicional para concluir el proceso.

Como área de Seguridad teníamos la obligación de verificar que la señalización estuviera en buen estado y de manera visible en las plantas de todo el país. Para generar el levantamiento de la señalización se generó un programa de manera híbrida, tanto presencial como virtual, donde nos apoyábamos con el equipo de calidad para hacer una inspección y posteriormente nos compartían material audiovisual donde se veía el estado del señalamiento. En caso de que se encontrara en mal estado se generaban reportes para gestionar un cambio o mantenimiento de la señalización para cumplir con lo establecido en la NOM-003-SEGOB-2002 y NOM-026-STPS-2008.

Existen diferentes áreas de riesgo en la operación, para ello se coloca señalización clara y visible en todas las áreas de trabajo indicando los posibles peligros y zonas de riesgo cumpliendo con la normatividad mexicana. Esto incluye letreros de advertencia, señales de precaución y delimitación de áreas peligrosas. Algunas áreas de peligro son el paso de maquinaria para el suministro de materiales; en los laboratorios se tiene que mantener un

orden riguroso de los equipos y material a utilizar para evitar algún accidente al operar; en las plantas se delimitan los pasos peatonales y paso vehicular.

Al ingresar, el equipo de seguridad es el encargado de proporcionar la capacitación continua y actualizada sobre seguridad laboral a todos los empleados. Esto incluye compartir los procedimientos seguros de trabajo, manejo de sustancias peligrosas, técnicas de levantamiento seguro, primeros auxilios y como transitar dentro de las unidades de negocio. En caso de que algún colaborador no contara con las capacitaciones de ingreso, se tenían que gestionar los recursos necesarios para que estuviera preparado y fomentar el cuidado de los colaboradores.

Apoyé en la implementación de la herramienta "Jornadas Laborales" con el objetivo de realizar conciencia del impacto de la fatiga laboral, en esta aplicación los colaboradores pueden colocar su hora de ingreso y salida diariamente para conocer qué tan fatigado estaba al llegar a laborar, en caso de que se tuvieran jornadas excedidas, era el encargado de realizar el reporte de los colaboradores junto con los detalles para verificar si el exceso de horas trabajadas fue por falta de personal, equipo o algún suceso específico en el día y posteriormente se verificaba con su jefe directo para tomar medidas de apoyo.

Fui el encargado de verificar con apoyo de los GPS implementados en los utilitarios los registros de ubicaciones, velocidad, trayectos, fechas y detalles varios para validar que el personal hiciera uso adecuado de los vehículos proporcionados por la empresa. Constantemente se realizan capacitaciones de manejo defensivo y se valida que los colaboradores estén en regla para conducir.

II.3.3. Seguimiento de accidentes

Cuando se llegan a registrar accidentes se realizan reportes de Casi Incidentes / Alerta de Peligros o NM/HA por sus siglas de inglés, en esta parte se realiza la ficha del registro de incidentes donde a los involucrados se les realiza un cuestionario completo para generar la investigación y detectar áreas de oportunidad por fortalecer con los colaboradores.

El protocolo que se sigue cuando se tiene algún incidente es el siguiente:

1. Investigación de incidentes: se establece un sistema de reporte y análisis de incidentes, realizando investigaciones exhaustivas de todos los accidentes o casi accidentes ocurridos. Utiliza los hallazgos para implementar medidas correctivas y prevenir futuros incidentes similares. El reporte abarca ubicación, como sucedió, los involucrados y en caso de requerirse alguna capacitación para el personal verificar que esté vigente.
2. Comunicación efectiva: se establecen canales de comunicación claros y efectivos para que los empleados puedan informar sobre condiciones inseguras, sugerir mejoras y plantear preocupaciones relacionadas con la seguridad, realizando paros de actividades para fomentar la seguridad, mediante pláticas periódicas e infografías con las medidas de prevención. De esta manera se fomenta una comunicación abierta y receptiva en toda la organización.
3. Supervisión y seguimiento: por último, se realizan inspecciones y auditorías regulares para verificar el cumplimiento de los protocolos de seguridad establecidos. Supervisando de cerca las áreas de mayor riesgo y tomar medidas correctivas de manera oportuna.

Las fichas eran generadas por el equipo de Seguridad asignado en las plantas posteriormente nos compartían esta información y nos encargábamos de hacer llegar los incidentes con el personal de Calidad a nivel nacional. Posteriormente, realizábamos reuniones de seguridad donde se analizaban las causas del incidente y cómo prevenir accidentes similares.

De manera semanal realizábamos pláticas de seguridad donde se mencionaban problemáticas detectadas y como prevenir accidentes trabajando juntos. El objetivo de las pláticas era identificar riesgos no solo en el ámbito laboral, también impulsar la seguridad en nuestros hogares o los diferentes entornos.

Para concluir con el seguimiento, generé un tablero con los diferentes indicadores que se tenían en monitoreo por parte del área de Seguridad, en este tablero se verificaba el cumplimiento de objetivos y permitía monitorear las incidencias.

Para el monitoreo de las alertas por conducción nocturna realicé el tablero donde se podía consultar la cantidad de incidencias registradas por manejar durante la madrugada dividida por zonas y horarios.

Y de manera enfocada a mitigar el cansancio laboral se buscó implementar que los colaboradores no realizaran actividades de trabajo durante el fin de semana, por esta razón monitoreaba la conducción en domingos y en caso de presentarse algún suceso lo registraba e investigaba el motivo de la conducción.

En la *Ilustración 3*, muestro el tablero que generé utilizando la herramienta Power BI con datos ficticios para cumplir con los temas de confidencialidad.



Ilustración 3. Tablero de alertas de conducción nocturna y en domingos. (Datos ficticios por confidencialidad).

El monitoreo de los VFL's registrados los reportaba en el siguiente tablero presentado en la *Ilustración 4*, que generé con la herramienta Power BI, donde se podía consultar el motivo, quién generó el VFL, la planta afectada y posteriormente se podía exportar el detalle de cada incidencia reportada.

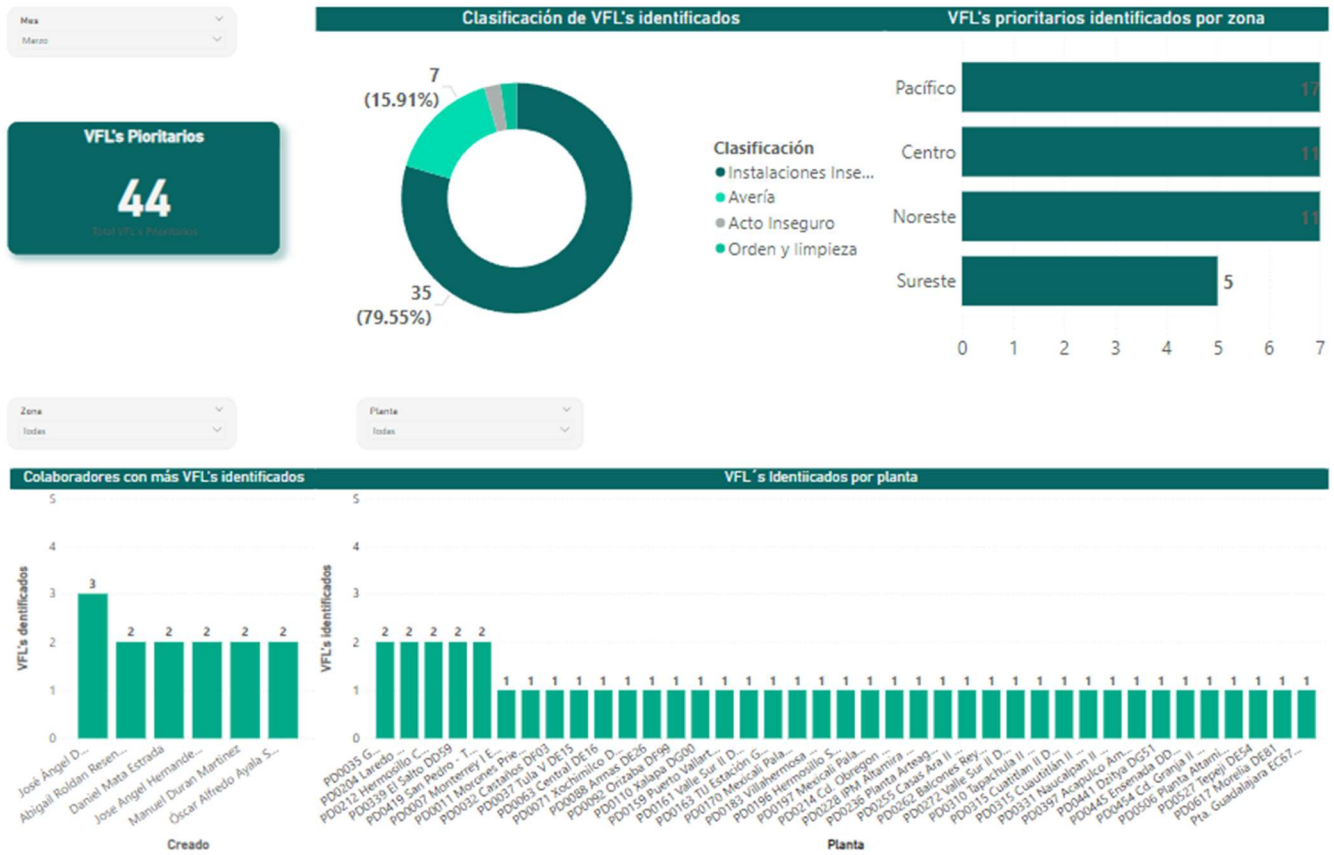


Ilustración 4. Tablero del registro de VFL's. (Datos ficticios por confidencialidad).

En el caso del registro de las actividades de Toma 5, las necesitaba reportar en dos partes y tuve que generar dos tableros diferentes. En el primero, indicaba aquellos que se realizaron de manera individual; el segundo son los que se realizaron de manera conjunta.

Los Toma 5 al ser una herramienta para identificar riesgos se volvió obligatoria al inicio de cada actividad, por esta razón es que fue de suma importancia monitorear que los colaboradores cumplieran con la realización de éstos y procurar la seguridad antes de ejecutar cualquier tarea.

En la Ilustración 5, muestro el registro de los Toma 5 individual donde indica en qué lugar se realizó la actividad, el avance personal y avance por zona.

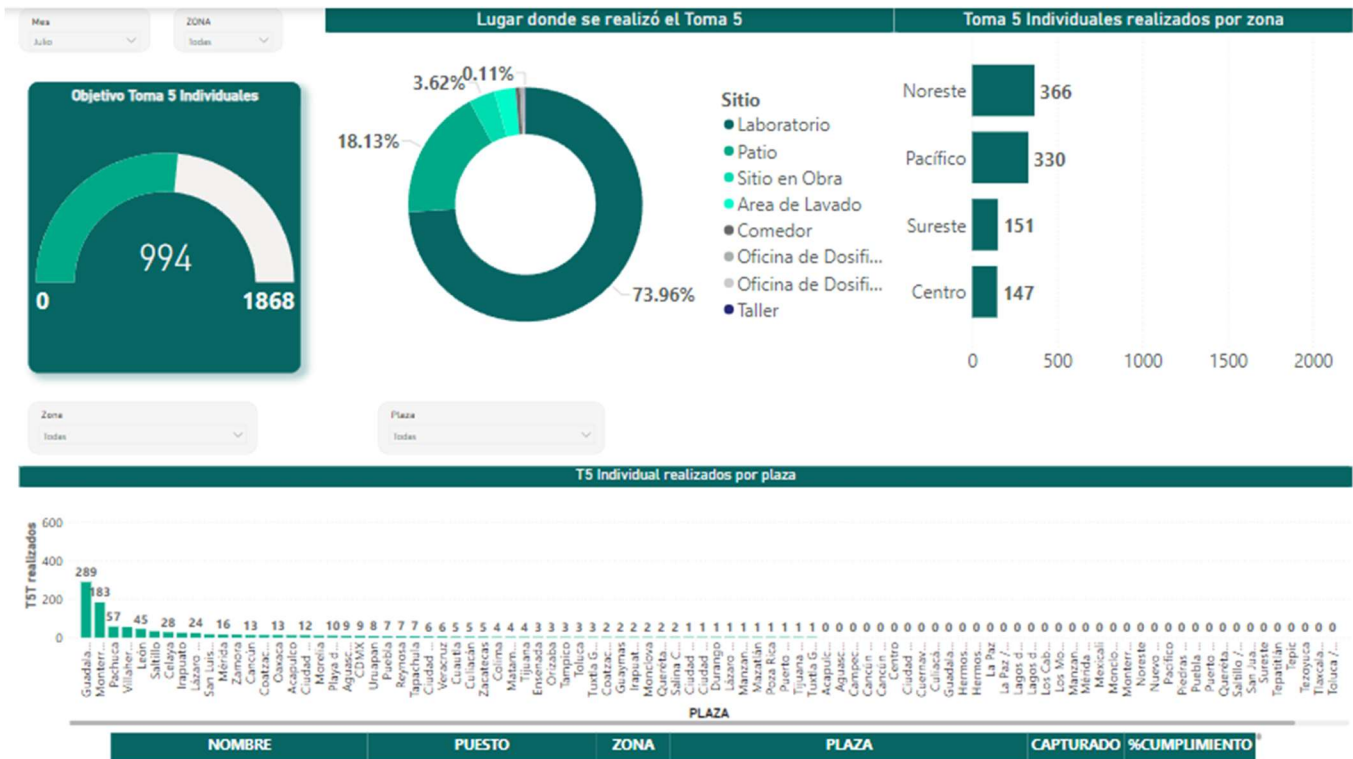


Ilustración 5. Tablero del registro de Toma 5 Individual. (Datos ficticios por confidencialidad).

En el caso del Toma 5 Juntos se muestran los avances y se clasifican si el colaborador ayudó o requirió apoyo de alguien más presentados en la Ilustración 6:

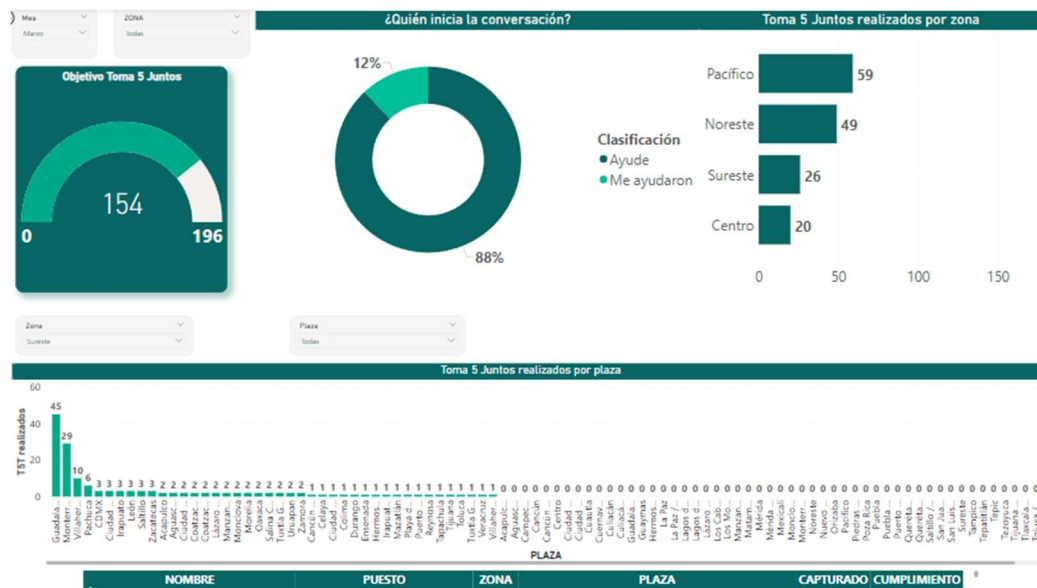


Ilustración 6. Registro de Toma 5 Juntos. (Datos ficticios por confidencialidad).

III. NMX-EC-17025-IMNC-2018

III.1. Antecedentes

Los laboratorios certificados ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) deben cumplir con lo estipulado en diferentes normas, durante mi estancia en CEMEX me tocó estar al pendiente del cumplimiento de la NMX-EC-17025-IMNC-2018 donde se estipulan los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

Esta norma es pilar fundamental en la calidad del concreto, se cuentan con 55 pruebas certificadas en total en el laboratorio Matriz que es donde se realizan algunas sumamente especializadas y detalladas; en cuanto a los laboratorios que están en las plantas, cuentan con las pruebas básicas al concreto certificadas que son:

1. NMX-C-083-ONNCCE-2014 Industria de la Construcción - Concreto - Determinación de la Resistencia a la Compresión de especímenes
2. NMX-C-109-ONNCCE-2013 Industria de la Construcción - Concreto - Cabeceo de Especímenes Cilíndricos.
3. NMX-C-156-ONNCCE-2010 Industria de la Construcción - Concreto - Determinación del Revenimiento en el Concreto Fresco.
4. NMX-C-159-ONNCCE-2016 Industria de la Construcción - Concreto - Elaboración y Curado de Especímenes en Laboratorio.
5. NMX-C-161-ONNCCE-2013 Industria de la Construcción-Concreto Fresco-Muestreo.
6. NMX-C-162-ONNCCE-2014 Industria de la Construcción - Concreto -Determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico.
7. NMX-C-435-ONNCCE-2010 Industria de la Construcción - Concreto - Método para determinar la temperatura del Concreto Fresco.

Estas pruebas son las básicas que se realizan al concreto y fungía como apoyo para verificar que se pudieran generar muestreos cumpliendo la certificación ya sea en obra, laboratorio o

antes de salir de la planta cuando se suministra el concreto, gracias a estas pruebas se pueden obtener características físicas del concreto y permiten evaluar la calidad del producto ofertado.

En CEMEX nos encargamos de realizar de manera anual auditorías internas y externas que ayudan a mantener los estándares de calidad dentro de los laboratorios para asegurar que los productos ofertados sean los esperados generando confianza con los clientes, estos resultados los presentamos y son supervisados por la EMA para verificar que los protocolos se ejecutaron de manera correcta y en caso contrario realizar los procedimientos establecidos para atender las incidencias encontradas.

III.2. Participación Profesional

III.2.1. Sistema de Gestión Integral

En el Sistema de Gestión Integral, contribuí en la mejora continua de los diferentes Sistemas de Gestión para la aplicación de la norma NMX-EC-17025-IMNC en los laboratorios de control de calidad de CEMEX. Apoyé en la planeación para la ejecución de auditorías, gestionar que los laboratorios contaran con los recursos y personal suficiente para generar resultados confiables.

Participé actualizando los Procedimientos Operativos de Calidad (POC), los Procedimientos Operativos Integrales (PEI), los Manuales de Calidad y los Manuales Integrales (MAI) que requiera la organización para mantenerlos vigentes y acordes a las necesidades que se presenten.

Al realizar las auditorías de la NMX-EC-17025-IMNC-2018 ante la EMA, los documentos deben ser vigentes y acordes con las necesidades actuales. Brindé el apoyo y asesoría para cumplir con cada uno de los procedimientos y manuales estipulados en el proceso de calidad para garantizar al cliente el producto ofertado.

De manera anual, se regulan diferentes normas y procedimientos, en específico el de la norma 17025 estipula la calidad del concreto desde la elaboración del concreto en laboratorio hasta la puesta en obra para que el cliente quede satisfecho.

Es importante conocer la norma porque es donde se proporciona una guía completa para la gestión de la calidad en los laboratorios de ensayo y calibración, asegurándonos que cumplan con los requisitos necesarios para garantizar la competencia técnica, la imparcialidad y la confiabilidad de los resultados.

Durante mi apoyo en Gestión de Calidad, se determinaron como requisitos para el cumplimiento de la norma los siguientes parámetros:

1. Gestión: Establece los criterios para la organización y administración del laboratorio, incluyendo la definición de la estructura organizativa, la documentación de políticas y procedimientos, la gestión de recursos humanos, la gestión de equipos e instalaciones, y la gestión de riesgos.
2. Técnicos: Establece los criterios para la realización de ensayos y calibraciones, incluyendo la validación de métodos, el control de calidad de los resultados, la trazabilidad de las mediciones, la gestión de muestras y la manipulación de equipos de medición.
3. Imparcialidad y confidencialidad: Establece los criterios para garantizar la imparcialidad en la realización de los ensayos y calibraciones, evitando cualquier conflicto de intereses. También se aborda la confidencialidad de la información proporcionada por los clientes.
4. Informes y registros: Establece los criterios para la documentación y el mantenimiento de registros, incluyendo la elaboración de informes de ensayos y calibraciones, el control de los registros de resultados y la retención de documentos.
5. Auditoría y revisión: Establece los criterios para llevar a cabo auditorías internas y externas, así como revisiones periódicas del sistema de gestión de la calidad del laboratorio.

En el área de Sistema de Gestión Integral fungimos como gestores para que los laboratorios cuenten con el equipo necesario para realizar las muestras, dar seguimiento en el cumplimiento de las auditorías internas y externas, así como verificar la participación de los laboratorios en los ensayos de aptitud que organice la Entidad para supervisar el cumplimiento de la norma. Para cumplir con los procesos estipulados tuve que participar en la creación de herramientas para monitorear el seguimiento y compartir los documentos solicitados de manera práctica tanto para los auditores como los auditados.

III.3. Metodología

III.3.1. Controles de laboratorio

Dentro de los laboratorios de CEMEX buscamos mantener en las mejores condiciones las instalaciones y con el equipo adecuado, por esta razón debemos cumplir con los estándares que exigen las diferentes normas que rigen los aspectos de ensayo y calibración en los laboratorios para pruebas de concreto. Actualmente, contamos en los laboratorios de CEMEX con 55 certificaciones en prueba de concreto en las cuales me tocó participar como observador del cumplimiento y ser gestor para brindar el equipo y material adecuado, las normas con las que se cuenta son las siguientes:

1. NMX-C-083-ONNCCE-2014: Industria de la Construcción - Concreto - Determinación de la Resistencia a la Compresión de especímenes.
2. NMX-C-109-ONNCCE-2013: Industria de la Construcción - Concreto - Cabeceo de Especímenes Cilíndricos.
3. NMX-C-156-ONNCCE-2010: Industria de la Construcción - Concreto - Determinación del Revenimiento en el Concreto Fresco.
4. NMX-C-159-ONNCCE-2016: Industria de la Construcción - Concreto - Elaboración y Curado de Especímenes en Laboratorio.
5. NMX-C-161-ONNCCE-2013: Industria de la Construcción - Concreto Fresco - Muestreo.

6. NMX-C-162-ONNCCE-2014: Industria de la Construcción - Concreto - Determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico.
7. NMX-C-435-ONNCCE-2010: Industria de la Construcción - Concreto - Método para determinar la temperatura del Concreto Fresco.
8. NMX-C-169-ONNCCE-2009: Industria de la Construcción - Concreto - Obtención y prueba de corazones y vigas extraídos de concreto endurecido.
9. NMX-C-191-ONNCCE-2015: Industria de la Construcción - Concreto - Determinación de la resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple con carga en los tercios del claro.
10. NMX-C-192-ONNCCE-2006: Industria de la Construcción - Concreto - Determinación del índice de rebote utilizando el dispositivo conocido como esclerómetro.
11. NMX-C-128-ONNCCE-2013: Industria de la Construcción - Concreto - Sometido a Compresión. Determinación del Módulo de Elasticidad Estático y Relación de Poisson.
12. NMX-C-030-ONNCCE-2004: Agregados - Muestreo.
13. NMX-C-073-ONNCCE-2004: Agregados - Masa volumétrica.
14. NMX-C-077-1997-ONNCCE: Agregados - Análisis granulométrico.
15. NMX-C-084-ONNCCE-2006: Agregados - Partículas más finas que la criba No. 200 por medio de lavado.
16. NMX-C-164-ONNCCE-2014: Agregados - Determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado grueso.
17. NMX-C-165-ONNCCE-2014: Agregados - Determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado fino.
18. NMX-C-166-ONNCCE-2006: Agregados - Contenido total de humedad por secado.
19. NMX-C-170-1997-ONNCCE: Agregados - Reducción de las muestras de agregados obtenidas en el campo al tamaño requerido para las pruebas.
20. NMX-C-157-ONNCCE-2006: Industria de la Construcción - Concreto - Determinación del Contenido de Aire del Concreto Fresco por el Método de Presión.

21. NMX-C-173-ONNCCE-2010: Industria de la Construcción - Concreto - Determinación de la Variación de la Longitud de Especímenes de Mortero, de Cemento y de Concreto Endurecidos.
22. NMX-C-275-ONNCCE-2004: Determinación de la velocidad de pulso a través del concreto - método de ultrasonido.
23. NMX-C-177-1997-ONNCCE: Industria de la construcción - Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto mediante la resistencia a la penetración.
24. NMX-C-255-ONNCCE-2013: Industria de la construcción - Aditivos químicos para concreto - Especificaciones, muestreo y métodos de ensayo
25. ASTM-C-642-13: Standard test method for density, absorption, and voids in hardened concrete
26. ASTM-C.944/ C-944M-12: Standard test method for abrasion resistance of concrete or mortar surfaces by the rotating cutter method.
27. Estándar CEMEX/CTCC 2000: Procedimiento interno.
28. NMX-C-075-ONNCCE-2006: Industria de la construcción - Agregados - Determinación de la sanidad por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.
29. NMX-C-265-ONNCCE-2010: Industria de la construcción - Agregados para concreto - Examen Petrográfico - Método de prueba.
30. NMX-C-271-ONNCCE-1999: Industria de la construcción - Agregados para concreto - Determinación de la reactividad potencial (método químico).
31. ASTM-C-1260-14: Standard test method for potential alkali reactivity of aggregates (mortar-bar method).
32. NMX-C-514-ONNCCE-2016: Industria de la Construcción - Resistividad Eléctrica del Concreto Hidráulico - Especificaciones y Métodos de Ensayo.
33. NMX-C-515-ONNCCE-2016: Determinación de la profundidad de carbonatación en concreto hidráulico.
34. NMX-C-196-ONNCCE-2010: Industria de la construcción - Agregados - Determinación de la resistencia a la degradación por abrasión e impacto de los agregados gruesos usando la máquina de los ángeles.

- 35.Tile 86-M38: Simple Method for Measuring Water Permeability of Concrete ACI Materials Journal. Tile 86-M38.
- 36.ASTM-C-1202-12: Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration".
- 37.ASTM-C-1202-17: Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration.
- 38.ASTM-856-2014: Standard Specification for Zinc-5% Aluminum-Mischmetal Alloy - Coated Carbon Steel Wire.
- 39.ASTM-C-856-17: Standard Practice for Petrographic Examination of Hardened Concrete.
- 40.ASTM-C-939-16: Método de prueba estándar para flujo de lechada para hormigón agregado colocado previamente.
- 41.ASTM-C-1403: Standard Test Method for Rate of Water Absorption of Masonry Mortars.
- 42.ASTM-C-925: Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete.
- 43.ASTM-C-1383-04-(2010) Standard Test Method for Measuring the P-Wave Speed and the Thickness of Concrete Plates Using the Impact-Echo Method.
- 44.ASTM-C-1383-15: Standard Test Method for Measuring the P-Wave Speed and the Thickness of Concrete Plates Using the Impact-Echo Method.
- 45.ASTM-C-295/C295M-12: Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete.
- 46.ASTM-C-1708-16: Standard Test Methods for Self-leveling Mortars Containing Hydraulic Cements.
- 47.ASTM-1012/1012M-15: Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution.
- 48.ASTM-C-227-10: Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Cement-Aggregate Combinations (Mortar-Bar Method).
- 49.NMX-C-088-ONNCCE-1997: Determinación de Impurezas Orgánicas en el Agregado Fino.

- 50.NMX-C-071-ONNCCE-2004: Industria de la Construcción- Agregados- Determinación de Terrones de Arcilla y Partículas deleznable.
- 51.NMX-C-ONNCCE-416-2003: Muestreo de estructuras térreas y métodos de prueba. Parte 6 y 7.
- 52.TEX-438: Polished stone value.
- 53.NMX-C-061-ONNCCE-2004: Cemento - Determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos.
- 54.NT-Build-492-Concrete Mortar And Cement-Based Repair Materials: Chloride Migration Coefficient Form Non-Steady-State Migration Experiments.
- 55.NMX-C-059-ONNCCE-2010: Industria de la construcción - Determinación del tiempo de fraguado de cementantes hidráulicos (método de Vicat).

Al tener laboratorios especializados en agregados, aditivos, químicos, petrografía, concreto fresco y endurecido necesitamos diferentes métodos y certificaciones que avalen el cumplimiento de los procesos en cada uno de ellos. En donde realizamos la supervisión, verificación e implementación de los métodos es en el Centro de Innovación y Desarrollo, debido a que las muestras o pruebas que requieren estudios mayores en México llegan a esta sucursal para su análisis y estudio.

Durante mi estancia pude apoyar con la gestión de los equipos necesarios, la organización de ensayos de aptitud, la generación de presupuestos para la implementación de las auditorías y revisión de las auditorías, verificar que el personal encargado de realizar los muestreos estuviese al corriente en sus capacitaciones y certificaciones.

En caso de que algún colaborador faltara o no tuviera la certificación vigente, en el área del Sistema de Gestión Integral nos encargábamos de dar seguimiento hasta que obtuvieran su certificación y estuvieran actualizados.

IV. Ahorros de Cemento

IV.1. Antecedentes

Dentro de la organización podemos encontrar diferentes soluciones en tecnología del concreto para brindar el apoyo oportuno a los clientes, desarrollar productos innovadores y contribuir en la sustentabilidad del planeta al potencializar concretos especiales que se adaptan a las diferentes necesidades.

Como parte del desarrollo tecnológico contamos con diferentes herramientas institucionales que me ayudaron a generar el seguimiento del consumo de cemento en las dosificaciones de concreto e identificar áreas de oportunidad para el ahorro del cemento utilizando materiales eficientes y calidad para garantizar lo estipulado en el producto ofertado.

Una vez que realizaba la dosificación final, verificábamos los procedimientos de control de calidad para garantizar que el concreto producido cumpliera con las especificaciones requeridas. Esto implicaba realizar pruebas periódicas durante la producción y analizar las propiedades del concreto para ajustar la mezcla si era necesario.

El ahorro de cemento en mezclas de concreto es un objetivo importante en la industria de la construcción debido a los beneficios económicos y ambientales que conlleva. A lo largo de los años, se han desarrollado diversas técnicas y prácticas para reducir el contenido de cemento en las mezclas de concreto sin comprometer la resistencia y durabilidad del material.

A lo largo del tiempo, se ha llevado a cabo una extensa investigación y desarrollo en el campo de la mezcla de concreto para comprender mejor los materiales, las proporciones y los aditivos que pueden ayudar a reducir el contenido de cemento sin sacrificar la calidad del concreto por esta razón es importante estar en constante investigación y desarrollo de dosificaciones óptimas en el concreto.

Existen diferentes organismos como la American Concrete Institute (ACI) y la European Federation for Specialist Construction Chemicals (EFNARC) que han desarrollado normativas

y estándares para darnos una guía en la fabricación y el uso de concreto de alto rendimiento, que permiten reducir la cantidad de cemento utilizado. Actualmente en CEMEX utilizamos productos amigables con el ambiente y que permiten reducir la huella de carbono como los concretos *Vertua*, los cuales nos indican el porcentaje de reducción de dióxido de carbono en la generación del producto.

La incorporación de adiciones minerales, como la ceniza volante y la escoria de alto horno, ha sido una técnica común para reemplazar parte del cemento Portland en las mezclas de concreto, estas técnicas se remontan a muchos años atrás como lo es el Panteón de Roma. Estos materiales pueden mejorar la trabajabilidad, reducir la permeabilidad y aumentar la resistencia a largo plazo.

Los superplastificantes son aditivos químicos que permiten una mejor dispersión de las partículas de cemento en la mezcla de concreto, lo que reduce la cantidad de agua requerida y, por lo tanto, el contenido de cemento necesario para mantener la trabajabilidad. Al tener una relación agua/cemento baja, se pueden alcanzar resistencias más altas y tener un menor consumo de cemento.

La utilización de agregados ligeros, como la perlita o la vermiculita, permite reducir la densidad del concreto, lo que a su vez disminuye la cantidad de cemento necesaria para lograr la misma resistencia estructural. Actualmente, se está trabajando en tener concretos ligeros para que los procesos constructivos sean más eficientes y económicos.

Constantemente se buscan materiales alternativos al cemento Portland, debido a que se cuentan con recursos escasos, por esta razón se han investigado materiales como geopolímeros y cementos de bajo impacto ambiental que pueden ofrecer un rendimiento similar o mejor al concreto convencional con menor contenido de cemento.

La tecnología moderna de dosificación y mezcla permite un mejor control de las proporciones de los ingredientes en la mezcla, lo que facilita la optimización del contenido de cemento y otros componentes. Para tener control de los productos se está trabajando en utilizar tecnología dentro del concreto para monitorear constantemente las características del

concreto. De esta manera el cliente tendrá un mejor control durante el suministro y la empresa podrá detectar alguna posible falla de manera oportuna.

El ahorro de cemento en mezclas de concreto no solo reduce los costos de construcción, sino que también contribuye a la reducción de las emisiones de dióxido de carbono asociadas con la producción de cemento. Por lo tanto, es un objetivo importante en la búsqueda de prácticas de construcción más sostenibles y eficientes.

IV.2. Participación Profesional

IV.2.1. Sobreconsumo de cemento y ajustes en la dosificación

De manera teórica, colaboramos con los diferentes laboratorios a lo largo del país para realizar las mezclas de concreto en físico y evaluar el comportamiento del diseño con los agregados con los que cuenta, el tipo de cemento con el que trabajan, los aditivos y verificar que el agua con la que realizan el diseño es apta para utilizarla.

Dentro de la empresa contamos con diferentes metodologías de análisis en el ajuste de las mezclas y el análisis en el sobreconsumo del cemento. Ahorrar un kilo de cemento en las mezclas de concreto puede significar grandes ahorros en la organización, de igual manera existen otras estrategias de ahorro como la obtención de los agregados e incluso en el transporte que influyen significativamente en los ahorros.

De manera semanal teníamos que analizar los Resultados Estadísticos de Ajustes de Cemento (REAC) que permiten identificar como se ha modificado la dosificación del cemento en las mezclas de concreto. Esta herramienta es interna de la organización y permite validar que los consumos de cemento no estén fuera de rango y afecten en el costo de producción del concreto o en su calidad.

En el área de Optimización y Formulación nos encargamos de revisar los consumos de cemento que tienen los productos para presentar los reportes a las diferentes Gerencias y

Dirección, quienes nos apoyan con el análisis en la toma de decisiones para mitigar sobreconsumos en las mezclas de concreto.

Existen diferentes motivos para ahorrar cemento en las mezclas, actualmente se está trabajando para que las mezclas de concreto utilicen puzolana o ceniza que garantice la calidad en los productos y ayuden a economizar el costo de materia prima en las dosificaciones establecidas.

Para verificar los sobreconsumos en las mezclas comparábamos los resultados obtenidos en los estadísticos semanales donde se muestra si el concreto está cumpliendo con la resistencia ofertada, en caso de que esté por encima de lo ofertado podemos realizar un ajuste en la dosificación y una vez evaluado el ajuste en las pruebas de laboratorio, nos encargábamos en el área de realizar el cambio solicitado.

IV.3. Metodología

IV.3.1. Estrategias de ahorros

En CEMEX contamos con diversas herramientas para monitorear la eficiencia de los concretos y de esta manera se han determinado diferentes estrategias de ahorro en elaboración de concreto.

De entrada, se encuentra la optimización en la dosificación de concreto donde realizamos las pruebas en los laboratorios para verificar que los consumos son óptimos y cumplen con las características ofertadas, en esta etapa se busca equilibrar la cantidad de materiales con lo solicitado por el cliente.

En caso de que el concreto tenga características o dosificaciones muy específicas, me encargaba de validar que las mezclas cumplieran con lo ofertado y en caso de existir alguna inconsistencia hacerla saber al Analista de Calidad para que nos apoyara en verificar que el producto es correcto o realizar ajustes antes de generar la dosificación en el sistema RMQ.

Actualmente, se cuentan con diferentes minerales que pueden reemplazar al cemento Portland como la ceniza o puzolana, estos materiales se pueden obtener a un menor costo, sin embargo, en el área de Calidad nos encargábamos de evaluar que la adición al cemento cumpliera con los estándares solicitados para no sacrificar las características del concreto. El uso de estos materiales depende mucho de la zona a trabajar y la accesibilidad a ellos.

En la organización buscamos reutilizar el concreto devuelto o producto de demolición para generar mezclas con un menor impacto ambiental. Continuamente realizamos análisis de mezclas de concreto que utilizan agregado reciclado y evaluamos el comportamiento contra un agregado de primer uso.

En el uso de agregados es importante que generemos el análisis de cada material para evaluar que cumplan con las normativas y sobre todo con los estándares de calidad establecidos por las diferentes instituciones. Al tener un nuevo agregado teníamos que evaluar que cumpliera con lo establecido en las diferentes normas mencionadas en los controles de laboratorio.

Una estrategia reciente ha sido utilizar aditivos para reducir el consumo de agua y con ello disminuir la relación agua/cemento, actualmente en CEMEX se tiene un departamento encargado de evaluar y producir los aditivos que se utilizan en los concretos elaborados por la empresa. Cuando los Analistas de Calidad nos comparten algunos productos con ciertos tipos de aditivos tenía la obligación de validar que el material incorporado en la mezcla brindara la tecnología requerida y posteriormente generar el alta de este producto.

Me tocó brindar capacitaciones para realizar el análisis de los estadísticos de producto terminado que se realizaban de manera semanal, de esta manera se obtenían las predicciones en el comportamiento del endurecimiento del concreto y si cumpliría o no con la resistencia esperada, en caso de que no cumplieran se analizaban los materiales para saber si existió un cambio de alguno de ellos o se necesita un ajuste en los consumos; en caso de que excediera la resistencia requerida considerando la desviación estándar, se recomendaba hacer algún ajuste en la dosificación del concreto.

El endurecimiento del concreto se ha estudiado a lo largo de los años. De los estadísticos de producto terminado me di a la tarea de graficar el endurecimiento del concreto y su evolución, se muestra en la *Ilustración 7*:

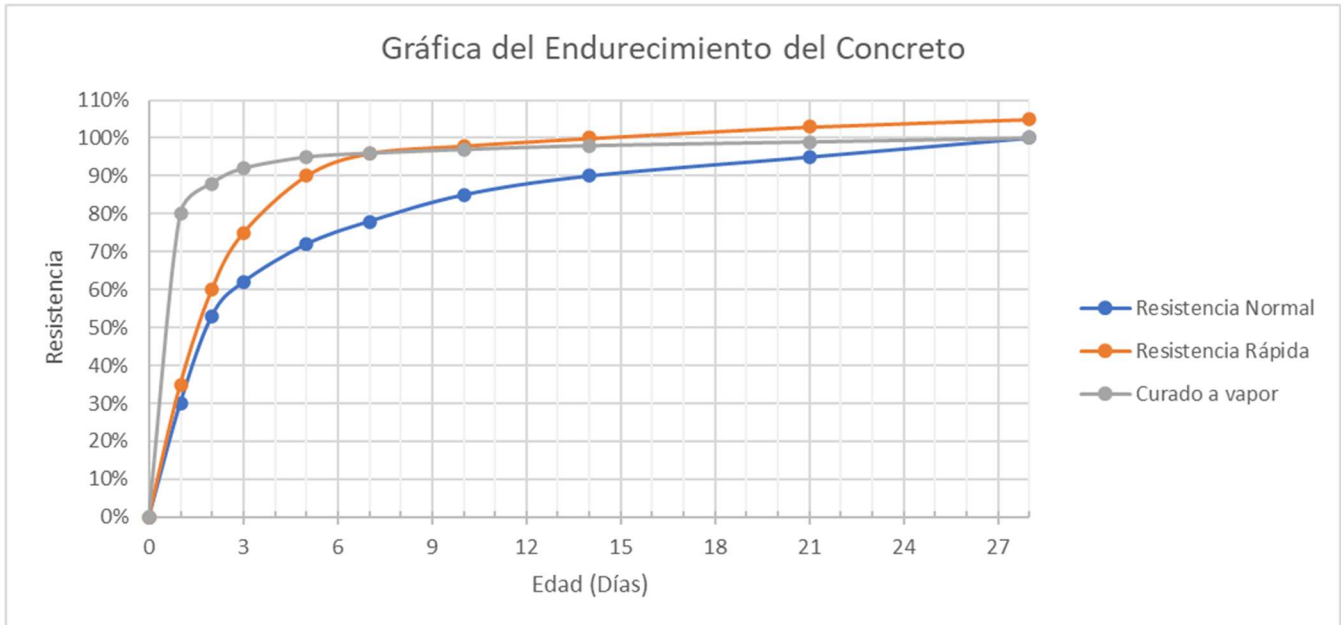


Ilustración 7. Gráfico Comparativo del Endurecimiento del Concreto por Edades

Dentro de la organización se manejan concretos a diferentes edades por lo que tenía que obtener la predicción del endurecimiento en el concreto, por lo que tenía que utilizar ecuaciones que permitieran conocer si el concreto era o no apto para su uso según su clasificación.

En el caso de los concretos que eran acelerados o tenían un curado a vapor, grafiqué los resultados de endurecimiento y obtuve los resultados mostrados en la *Ilustración 8*:

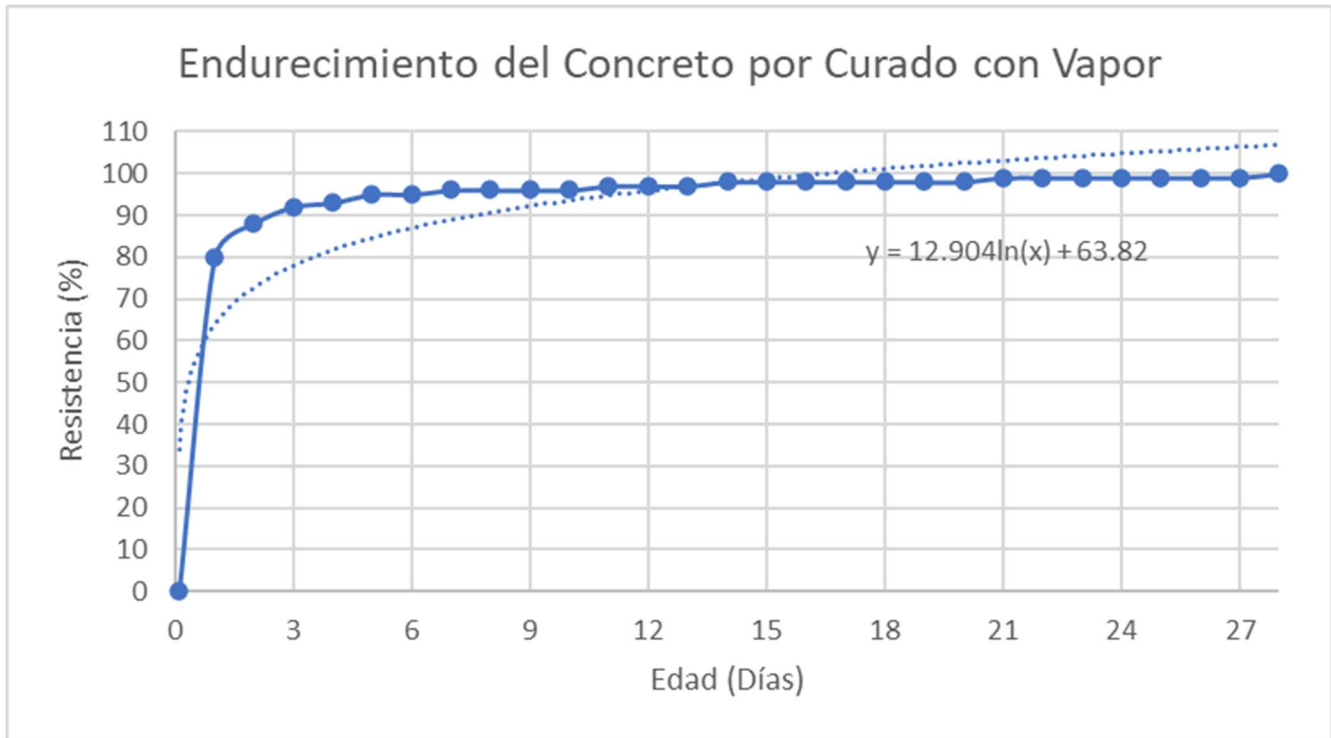


Ilustración 8. Gráfico de Endurecimiento del Concreto por Curado con Vapor

Para calcular el porcentaje alcanzado de endurecimiento se utiliza la siguiente expresión:

$$y = 12.904 * \ln(x) + 63.82$$

Donde:

y : Porcentaje de la resistencia del concreto

x : Días de endurecimiento

Los concretos de resistencia rápida dependían de la edad, la curva se va ajustando a dicha edad y posteriormente se hacía el cálculo para estimar la resistencia del concreto a 28 días, lo que permite homogeneizar el criterio durante el análisis. En la *Ilustración 9*, muestro los resultados graficados para un concreto a 14 días:

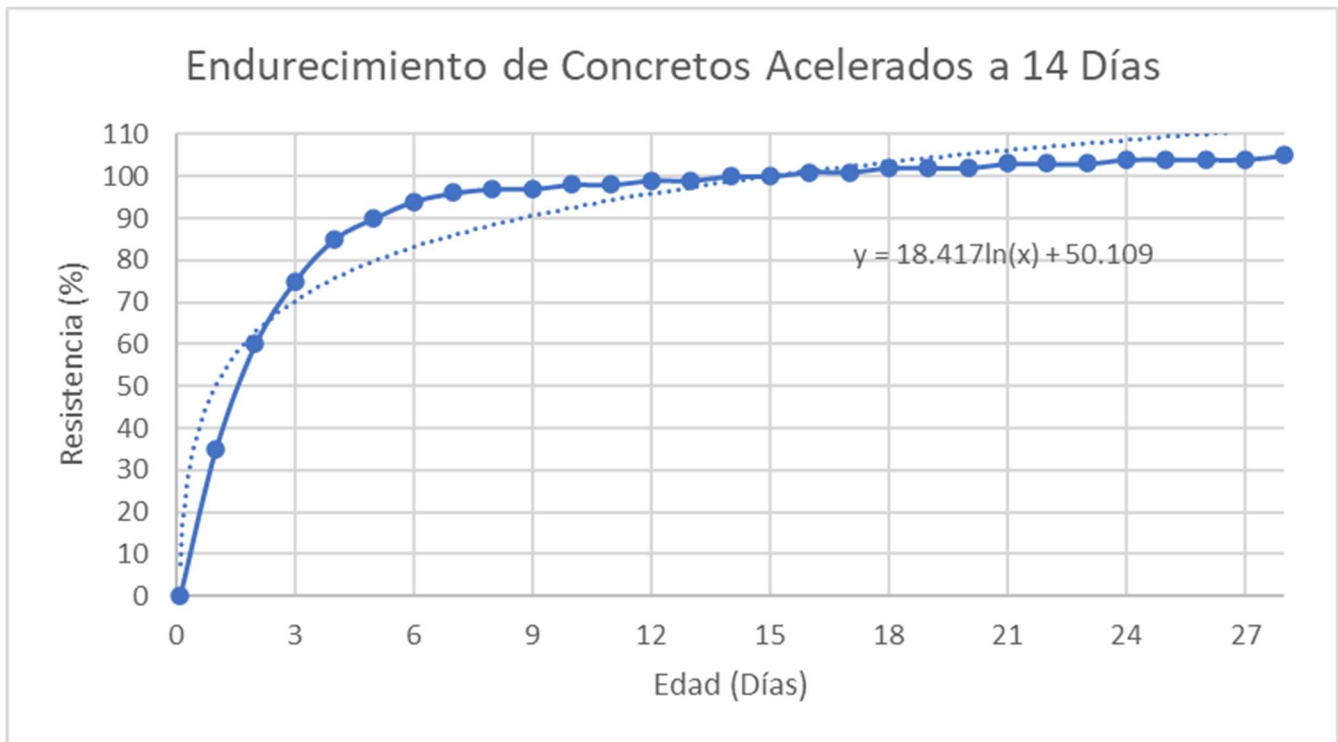


Ilustración 9. Gráfico del Endurecimiento del Concreto Acelerado a 14 días

En este caso se obtiene la siguiente ecuación para estimar su resistencia a las edades requeridas:

$$y = 18.417 * \ln(x) + 50.109$$

Donde:

y : Porcentaje de la resistencia del concreto

x : Días de endurecimiento

En los concretos acelerados a edades menores realizaba el mismo análisis de endurecimiento únicamente sustituyendo la edad solicitada por 14 y sustituyendo valores, por ejemplo:

Si el concreto se requiere a 7 días, se realiza la hipótesis de que el 14 de la gráfica pasa a ser 7, por lo tanto, las edades comparadas con la resistencia se recorren a la mitad del tiempo y de esta manera se puede obtener el gráfico de endurecimiento para cada edad ejemplificado en la *Ilustración 10*.

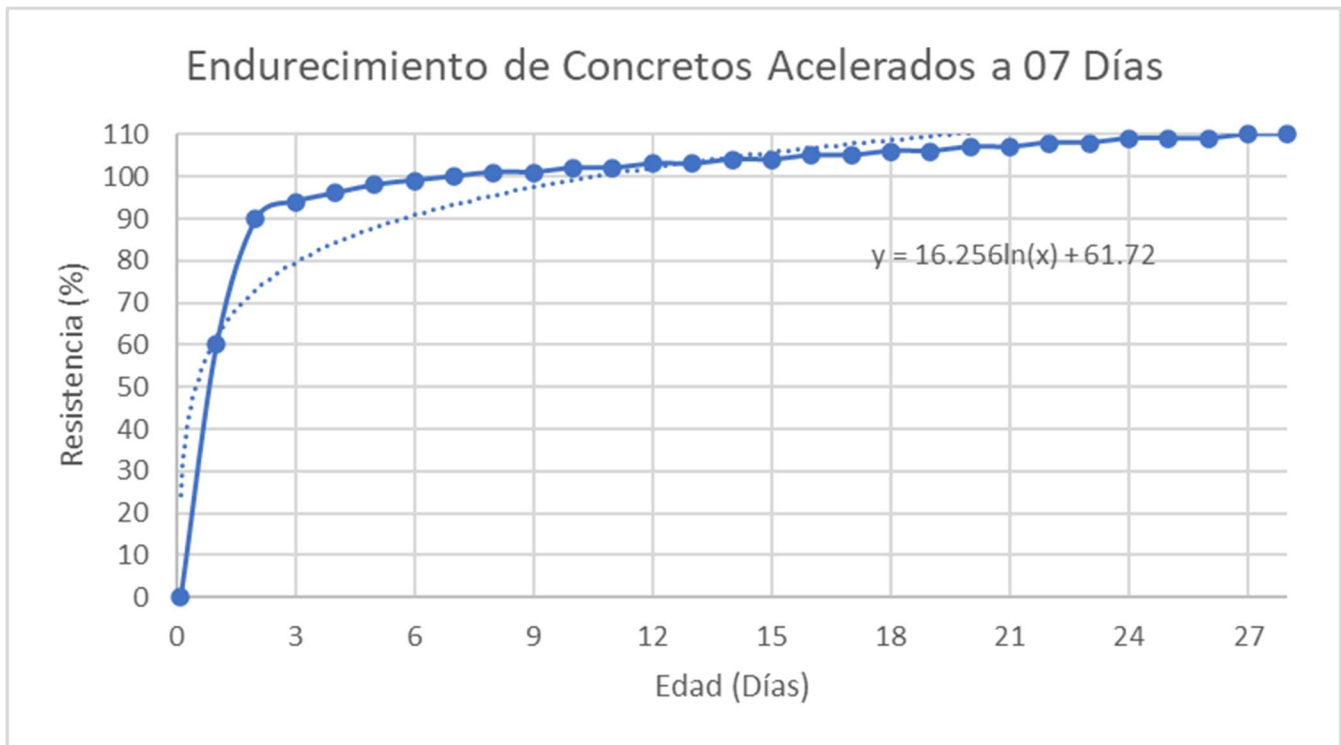


Ilustración 10. Gráfico de Endurecimiento del Concreto Acelerado a 7 Días

En este caso se obtiene la siguiente ecuación para estimar su resistencia a las edades requeridas:

$$y = 16.256 * \ln(x) + 61.72$$

Donde:

y : Porcentaje de la resistencia del concreto

x : Días de endurecimiento

De esta manera obtenía las ecuaciones para predecir el endurecimiento del concreto a las edades requeridas y en caso de ser concretos acelerados a 1 o 3 días se obtienen rápidamente los resultados de endurecimiento porque las pruebas se realizan al día siguiente y de manera inmediata podemos conocer si el concreto cumple o no con las resistencias ofertadas.

En los concretos de resistencia normal existen diferentes referencias para consulta e incluso normas donde nos indican el endurecimiento del concreto, en mi caso al tener muestras de laboratorio, me di a la tarea de realizar mi gráfico de endurecimiento y obtuve los resultados mostrados en la *Ilustración 11* para predecir el endurecimiento del concreto:

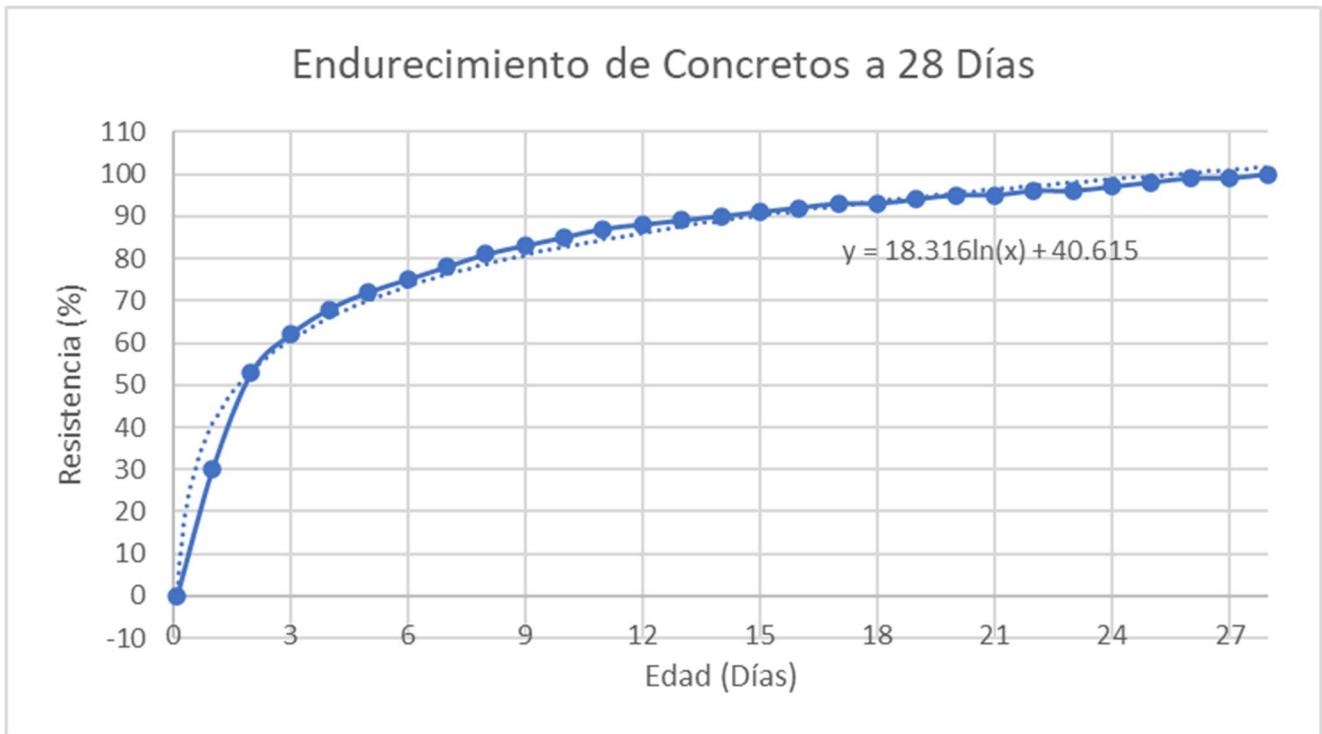


Ilustración 11. Gráfica de endurecimiento del concreto a 28 días.

Por lo tanto, la expresión de predicción es la siguiente:

$$y = 18.419 * \ln(x) + 40.14$$

Donde:

y : Porcentaje de la resistencia del concreto

x : Días de endurecimiento

Cuando nosotros verificamos el comportamiento de las muestras de concreto debemos evaluar si cumplen o no con la resistencia estimada y de esta manera disminuir o aumentar el consumo de cemento.

Para ejemplificar el seguimiento de las muestras y el comportamiento del concreto realizaré un ejercicio con datos ficticios para fines académicos y que al ponerlos en práctica ayudan a tomar decisiones de manera oportuna.

Si en una planta se tiene un concreto que se cuela constantemente, la obtención de muestras es mayor. En este caso podemos utilizar un concreto de resistencia 250 kg/cm² a 28 días, en la *Tabla 1* se colocan los resultados de la primera semana:

Semana 1				
Muestra	f'c 03 días [kg/cm ²]	f'c 07 días [kg/cm ²]	f'c 14 días [kg/cm ²]	f'c 28 días [kg/cm ²]
1	166	208	240	267
2	169	212	245	272
3	161	202	233	259
4	163	205	237	263
5	166	209	241	268

Tabla 1. Muestras de endurecimiento del concreto Semana 1 (Ejemplo ficticio)

En este caso se puede observar que la resistencia está por encima de la ofertada, por lo que el concreto es apto para su uso y se encuentra dosificado correctamente, en caso de que exista algún cambio en el ambiente o de materiales se pueden presentar resultados en la segunda semana totalmente diferentes como se muestra en la *Tabla 2*:

Semana 2				
Muestra	f'c 03 días [kg/cm ²]	f'c 07 días [kg/cm ²]	f'c 14 días [kg/cm ²]	f'c 28 días [kg/cm ²]
1	177	222	257	285
2	181	228	263	292
3	180	226	261	290
4	177	223	257	286
5	179	225	259	288

Tabla 2. Muestras de endurecimiento del concreto Semana 2 (Ejemplo ficticio)

En este caso se tiene una resistencia mayor a la ofertada por lo que se puede realizar un ajuste en los consumos de cemento y se podrían bajar algunos kilos de cemento y de esta manera ahorrar material, lo que disminuiría el costo de elaboración de la mezcla.

V. Optimización y Formulación para dosificaciones de concreto

V.1. Antecedentes

Diariamente realizaba el alta o modificación en dosificaciones de concreto en las diferentes plantas del país. Actualmente, en México se cuenta con 249 plantas en México y 143 distribuidas en América Central y Sudamérica, a las que les brindé el soporte para la realización de productos especiales, altas de materiales y apoyo en herramientas internas para la dosificación y generación del producto en el sistema correspondiente.

En esta área determinamos la cantidad de materiales que se dosificarán para obtener una mezcla de concreto con las características ofertadas ya sea en resistencia, durabilidad, trabajabilidad, aplicación, normativa y otros rubros que se tienen que tomar en cuenta dependiendo de la región.

Al realizar este proceso debemos cumplir con un listado de especificaciones en el diseño del concreto donde se verifica que las tecnologías ofertadas sean compatibles, los materiales seleccionados deben garantizar la calidad establecida en el diseño de la mezcla, entre otros rubros que sean requeridos según lo establecido.

V.2. Participación Profesional

V.2.1. Validación para modificación o alta de productos

Participé en la verificación de cada uno de los productos ofertados para validar su cumplimiento con las diferentes características que el cliente requería, por lo que en cada modificación solicitada tomaba en cuenta los diferentes aspectos del concreto como los que se enlistan a continuación:

1. Relación agua/cemento: algunos productos especifican una relación agua/cemento en la remisión de la factura que se entregan a los clientes, en este caso es importante que cuando nos mandan este tipo de concretos a modificar o generar el alta debemos cerciorarnos de que la relación a/c que están ofertando cumplan con las claves internas para dar el visto bueno y aplicar la solicitud.
2. Norma a la que pertenece, en algunos casos se tiene que verificar que el concreto cumpla con la normatividad aplicada de manera interna y sobre todo con lo estipulado con la normatividad mexicana y estatal.
3. Edad del concreto: existen algunos productos que son acelerados o tienen alguna trabajabilidad extendida que permiten al cliente colocar el concreto y que comience su tiempo de fraguado en el tiempo que lo requieren, es por ello que se tienen que colocar aditivos adicionales o adiciones que brinden la tecnología ofertada.
4. Colocación de color: en el caso de los concretos arquitectónicos se asignan claves para cada uno de los colorantes que debemos verificar que estén dados de alta en los inventarios de la planta y en el sistema para dosificar. Este aspecto se tiene que confirmar con el Analista de Calidad que está en contacto con el cliente y definen los colores a utilizar.
5. Resistencia del concreto: se tiene que verificar que el consumo de cemento sea el óptimo para la resistencia ofertada, así como las especificaciones del producto cumplan con lo que el cliente requiere.
6. Variante asignada al concreto: de manera interna se utilizan claves para las variantes donde se especifica que tecnología se está ofertando como puede ser concreto con fibra, con adición para mejorar el proceso de fraguado, ceniza o combinación de alguna de ellas.
7. Peso volumétrico: algunos concretos se determinan por el peso volumétrico del concreto y pueden ser concretos ligeros o pesados que pueden ser utilizados en diferentes aspectos.

Dentro de la empresa contamos con matrices de diseño y compatibilidades de tecnologías ofertadas para evaluar si un concreto pudiese cumplir de primera instancia y posteriormente realizar la modificación o alta solicitada.

En caso de que algún producto no llegara a cumplir con las características solicitadas lo tenían que mandar a una segunda revisión y justificación con muestras de concreto en laboratorio para validar que el concreto realmente fuera apto.

V.3. Metodología

V.3.1. Diseño de mezclas

Para verificar la dosificación teórica tenemos que desarrollar las pruebas de laboratorio como se establece en el ACI 211.1 y lo establecido en las NMX, en la cual especifica la proporción de cemento, agregados y agua que se debe utilizar para obtener la resistencia y características deseadas del concreto. ¹¹

La mayoría de los diseños se rigen por el método ACI 211.1 donde se estipulan las siguientes dos condiciones:

- a) Ningún resultado individual de la prueba de resistencia (promedio de dos cilindros) es menor que $f'c - 35 \text{ kg/cm}^2$. Como se muestra en la siguiente fórmula:

$$f_{cr} = \left(f'c \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right] - 35 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right] \right) + \sigma * t$$

Donde:

f_{cr} : resistencia de diseño $\left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$.

σ : desviación estándar, el ACI recomienda que se utilice un valor de 40 kg/cm^2 .

t : "t" de Student para medir las diferencias entre las muestras, se recomienda un valor de 2.33.

¹¹ (American Concrete Institute, 2016)

b) Cada promedio aritmético de cualesquiera de tres pruebas de resistencia consecutivas es igual o superior a la $f'c$ requerida. Como se muestra en la siguiente fórmula:

$$f_{cr} = f'c \left[\frac{kg}{cm^2} \right] + \frac{\sigma * t}{\sqrt{3}}$$

Donde:

f_{cr} : resistencia de diseño $\left[\frac{kg}{cm^2} \right]$.

σ : desviación estándar, el ACI recomienda que se utilice un valor de 40 kg/cm².

t : "t" de Student para medir las diferencias entre las muestras, se recomienda un valor de 2.33.

Si cumplen con las dos condiciones procedemos a diseñar la mezcla, en este caso el método 211.1 del ACI nos proporciona diferentes tablas para trabajar como referencia, las tablas se muestran a continuación:

Revenimientos Recomendados para Diversos Tipos de Construcción		
Tipos de Construcción	Revenimiento [cm]	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	7.5	2.5
Zapatas, cajones de cimentación y muros de sub-estructura sencillos	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10.0	2.5
Columnas para edificios	10.0	2.5
Carpetas y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	7.5	2.5

Tabla 3. Revenimientos Recomendados para Diversos Tipos de Construcción (ACI 211.1)

Requisitos Aproximados de Agua de Mezclado y Contenido de Aire para Diferentes Revenimientos y Tamaños Máximos Nominales de Agregado

Revenimiento [cm]	Agua, kg/m ³ para el Concreto de Tamaño Nominal Máximo del Agregado (TMNA) [mm]							
	9.5	12.5	19	25	38	50	75	150
Concreto sin aire incluido								
2.5 a 5.0	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 a 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15.0 a 17.5	243	228	216	202	190	178	160	-
Cantidad aproximada de aire en concreto sin aire incluido (%)	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
2.5 a 5.0	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 a 10	202	193	184	175	165	157	133	119
15.0 a 17.5	216	205	197	174	174	166	154	-
Promedio recomendado de contenido de aire total (%)	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3

Tabla 4. Contenido de agua por TMNA (ACI 211.1)

Correspondencia entre la Relación Agua/Cemento o Agua/Materiales Cementantes y la Resistencia a la Compresión del Concreto

Resistencia a la compresión a los 28 días kg/cm ²	Relación agua/cemento por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0.41	-
350	0.48	0.40
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Tabla 5. Correspondencia Relación Agua/Cemento - Resistencia (ACI 211.1)

Volumen de Agregado Grueso por Volumen Unitario de Concreto				
TMNA [mm]	Volumen de agregado grueso varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de la arena.			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19.0	0.66	0.64	0.62	0.60
25.0	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50.0	0.78	0.76	0.74	0.72
75.0	0.82	0.80	0.78	0.76
150.0	0.87	0.85	0.83	0.81

Tabla 6. Volumen de agregado grueso por módulo de finura de la arena (ACI 211.1)

Estas tablas nos permiten diseñar de manera teórica la dosificación de las mezclas. A continuación, se muestra un ejemplo de diseño de mezclas:

Llega un cliente solicitando un concreto para un muro reforzado y nos comenta el proyectista que requiere una resistencia a la compresión de 300 kg/cm² y no requiere aire incluido. Adicionalmente nos comparten los resultados de laboratorio con las características de los materiales a utilizar. El proceso para el diseño de 1 m³ de concreto es el siguiente utilizando el método ACI 211.1 (Volúmenes Absolutos).

Propiedades de los agregados		
Características	Grava	Arena
Granulometría	Cumple	Cumple
Tamaño Máximo [mm]	19	-
Densidad [gr/cm ³]	2.4	2.5
Absorción [%]	0.9	1.6
Peso Vol. Suelto [kg/m ³]	1450	1540
Peso Vol. Compacto [kg/m ³]	1550	-
Módulo de Finura	-	2.8
Humedad en Planta	0.4	1.0

Tabla 7. Propiedades de los agregados (Ejemplo)

- i. Se obtiene la resistencia de diseño de la mezcla como lo estipula el método ACI 211.1 utilizando las siguientes expresiones, con las siguientes consideraciones:

$$\sigma = 40 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$t = 2.33$$

- a. Ningún resultado individual de la prueba de resistencia (promedio de dos cilindros) es menor que $f'c - 35 \text{ kg/cm}^2$. Como se muestra en la siguiente fórmula:

$$f_{cr} = \left(f'c - 35 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] \right) + \sigma * t$$

$$f_{cr} = \left(300 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] - 35 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] \right) + \left(40 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] \right) * 2.33 = 358 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

- b. Cada promedio aritmético de cualesquiera de tres pruebas de resistencia consecutivas es igual o superior a la $f'c$ requerida. Como se muestra en la siguiente fórmula:

$$f_{cr} = f'c + \frac{\sigma * t}{\sqrt{3}}$$

$$f_{cr} = 300 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] + \frac{40 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] * 2.33}{\sqrt{3}} = 354 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

Se toma el valor mayor, por lo tanto, la resistencia de diseño será 358 kg/cm^2 .

- ii. Posteriormente, se obtiene el contenido de agua como se muestra en la *Tabla 4* de este archivo, se conoce el TMNA que es 19 mm y revenimiento de 10 cm, dando como resultado lo mostrado en la *Tabla 8*.

Requisitos Aproximados de Agua [L] de Mezclado y Contenido de Aire para Diferentes Revenimientos y Tamaños Máximos Nominales de Agregado								
Revenimiento [cm]	Agua, kg/m ³ para el Concreto de Agregado de Tamaño Nominal Máximo [mm]							
	9.5	12.5	19	25	38	50	75	150
Concreto sin aire incluido								
2.5 a 5.0	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 a 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15.0 a 17.5	243	228	216	202	190	178	160	-
Cantidad aproximada de aire en concreto sin aire incluido (%)	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2

Tabla 8. Cantidad de agua de mezclado

En este caso se utilizarán 205 litros de agua en la mezcla utilizando la tabla del método ACI 211.1. Adicionalmente, se considera el 2% de aire incluido como 20 litros adicionales en la mezcla para la suma de los volúmenes.

- iii. Por medio de la cantidad de agua se puede obtener el contenido de cemento y para ello se utiliza la *Tabla 5* donde se correlaciona la relación agua/cemento con la resistencia estimada.

En este caso, como la resistencia de diseño es 358 kg/cm² y la tabla tiene saltos de 50 kg/cm² en 50 kg/cm² se requiere interpolar, por lo que se identifica en la *Tabla 9* cuáles son las resistencias colindantes y se utiliza el método de interpolación lineal:

Correspondencia entre la Relación Agua/Cemento o Agua/Materiales Cementantes y la Resistencia a la Compresión del Concreto		
Resistencia a la compresión a los 28 días kg/cm ²	Relación agua/cemento por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0.41	-
350	0.48	0.40
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Tabla 9. Correlación Relación Agua/Cemento y Resistencia

Se aplica la interpolación lineal queda de la siguiente manera la relación agua/cemento:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

Se substituyen valores:

$$y = 0.48 + \frac{0.41 - 0.48}{420 - 350} (358 - 350) = 0.47$$

Por lo tanto, la relación agua/cemento es 0.47. Se obtiene la cantidad de cemento de la siguiente manera:

$$Rel_{A/c} = \frac{Agua}{Cemento}$$

Despejando:

$$Cemento = \frac{Agua}{Rel_{A/C}}$$

Sustituyendo valores:

$$Cemento = \frac{205[kg]}{0.47} = 436 [kg]$$

Por lo tanto, la cantidad de cemento es 436 kilogramos por cada metro cúbico de concreto.

- iv. El cálculo del contenido de grava se realiza con apoyo de la *Tabla 6* relacionando el módulo de finura (2.8) y el TMNA (19 mm), obteniendo la *Tabla 10*.

Volumen de Agregado Grueso por Volumen Unitario de Concreto				
TMNA [mm]	Volumen de agregado grueso varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de la arena.			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19.0	0.66	0.64	0.62	0.60
25.0	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50.0	0.78	0.76	0.74	0.72
75.0	0.82	0.80	0.78	0.76
150.0	0.87	0.85	0.83	0.81

Tabla 10. Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto

Por lo tanto, se tiene que utilizar como volumen de grava 0.62.

Para obtener la cantidad de arena se multiplica el volumen de grava por el peso volumétrico compacto del material:

$$Grava (seca) = (0.62) \left(1550 \left[\frac{kg}{m^3} \right] \right) = 961 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

La cantidad de grava seca es 961 kilogramos por metro cúbico.

- v. Para determinar el contenido de arena por volúmenes absolutos se realiza la conversión de los materiales pasando de kilogramos a litros, para ello se divide la

cantidad de kilos entre la densidad del material, se muestran los resultados en la *Tabla 11*:

$$Cantidad [L] = \frac{Cantidad [kg]}{Densidad \left[\frac{kg}{L}\right]}$$

Conversión de cantidad de material [kg a L]			
Material	Cantidad [kg]	Densidad [kg/L]	Cantidad [L]
Agua	205	1	205.0
Cemento	436	3.15	138.4
Grava	961	2.4	400.4
Aire	20	1	20.0
Total			763.8

Tabla 11. Conversión de la cantidad de material de kilogramos a litros.

Si ya se tiene la cantidad de los materiales obtenidos en litros, la diferencia para llegar a los mil litros corresponde a la cantidad de arena:

$$Arena[L] = 1000 [L] - 763.8[L] = 236.2 [L]$$

Para obtener la cantidad de arena en kilogramos se multiplica la densidad por los litros del material:

$$Arena[kg] = 236.2[L] * 2.5 \left[\frac{kg}{L}\right] = 590.4[kg]$$

Se obtiene que la cantidad de arena es 590.4 kilogramos.

- vi. Por último, se debe tener en cuenta el agua de absorción de los materiales. Para determinar la cantidad de agua se necesita conocer la absorción y humedad de los materiales, este dato es actualizado diariamente por las condiciones ambientales. Se presentan estas características de los agregados en la *Tabla 12*:

Propiedades de los agregados		
Características	Grava	Arena
Absorción [%]	0.9	1.6
Humedad en Planta	0.4	1.0

Tabla 12. Humedad y Absorción de los Materiales

Para que se determine la cantidad de agua se multiplica la cantidad del agregado por la diferencia de la humedad menos la absorción como se muestra:

$$Ajuste_{Grava} = 961[kg] * (0.004 - 0.009) = -4.8[kg]$$

$$Ajuste_{Arena} = 590.4[kg] * (0.010 - 0.016) = -3.5[kg]$$

Por lo tanto, el agua de absorción requerida se obtiene dividiendo la cantidad de grava obtenida entre la densidad:

$$Agua_{Grava} = (4.8[kg]) / \left(2.4 \left[\frac{kg}{L} \right] \right) = 2[L]$$

Para el agua de absorción de la arena se realiza el procedimiento anterior:

$$Agua_{Arena} = (3.5[kg]) / \left(2.5 \left[\frac{kg}{L} \right] \right) = 1.4[L]$$

Quedando finalmente los consumos como se muestra en la *Tabla 13*:

Conversión de cantidad de material [kg a L]			
Material	Cantidad [kg]	Densidad [kg/L]	Cantidad [L]
Agua	205	1	205.0
Cemento	436	3.15	138.4
Grava	956.2	2.4	398.4
Aire	20	1	20.0
Arena	586.9	2.5	234.8
Agua ajuste	3.4	1	3.4
Total			1000.0

Tabla 13. Dosificación final de materiales.

En este punto es importante validar que la suma en litros de los materiales sea 1000, en caso de que no cumpla se tienen que verificar los pasos del diseño y características de los materiales.

Una vez elaborado el diseño en físico tenía que realizar el seguimiento de los materiales utilizados registrando la cantidad de cemento y otros recursos empleados en cada mezcla de concreto. En la organización se cuentan con los procedimientos y archivos para verificar las dosificaciones elaboradas.

En cada una de las muestras se tiene que medir la resistencia del concreto mediante pruebas periódicas de resistencia que dependerán de la edad a la que el concreto fue diseñada, las

más comunes son a 3, 7, 14 y 28 días. Comparábamos los resultados de las pruebas con la resistencia esperada según la dosificación teórica, en caso de que la resistencia del concreto sea tenga variaciones con respecto a lo esperado se tiene que evaluar si es por falta de cemento o calidad de los agregados, regularmente se tiene que modificar la cantidad del cemento, pero si las variaciones son muy grandes se tiene que volver a diseñar la mezcla.

Analizábamos la relación agua/cemento utilizada en la mezcla de concreto. Esta relación es importante porque un a/c más alto de lo especificado puede indicar un sobreconsumo de cemento. Si la relación a/c es mayor de lo esperado, es probable que se haya utilizado más cemento para mantener la trabajabilidad del concreto y se tiene que buscar la manera de optimizar el consumo de cemento reduciendo la relación a/c.

Para evaluar el rendimiento del concreto observamos su contracción durante la colocación y el fraguado. Si el concreto se vuelve más difícil de manejar de lo normal, podría ser un indicio de que se ha utilizado un exceso de cemento.

Por último, teníamos que revisar los registros de consumo de cemento a lo largo del tiempo para identificar cualquier patrón de aumento en el consumo que no esté justificado por cambios en las condiciones de trabajo o en las especificaciones del proyecto.

VI. Cálculo de Factores

VI.1. Antecedentes

Como parte del proceso de calidad y verificar la eficiencia del concreto teníamos que obtener un factor a nivel nacional que nos permitía identificar en que plantas se tiene un consumo de cemento mayor a lo esperado. De esta manera, detectamos áreas de oportunidad para generar dosificaciones de concreto óptimas.

Estos rubros los determinábamos principalmente con la resistencia de venta ofertada comparada con el consumo de cemento que tiene la mezcla. Como se mencionó en *“IV.2.1. Validación para modificación o alta de productos”*, en la organización se ofertan productos a las diferentes necesidades de los clientes, en estos casos especiales se tienen que tomar en cuenta aspectos como la edad, la tecnología ofertada, el revenimiento, la relación agua cemento y la normatividad de la región.

VI.2. Participación Profesional

VI.2.1. Eficiencia del concreto

Para medir la eficiencia del concreto realizamos estadísticas a nivel nacional para generar un análisis de las diferentes mezclas de concreto en todo el país lo que permite identificar un consumo óptimo y mayoritario de los productos. Con estos datos realicé el cálculo del factor en la eficiencia del concreto, al compararlo con un diseño en cualquier parte del país se puede determinar cuál es la eficiencia del concreto en esa parte y el que tan eficiente en uso de cemento.

Es importante medir la eficiencia del concreto porque nos permite detectar áreas de oportunidad para el consumo de cemento en los diseños. Estos factores se determinan por la tecnología que ofrece cada concreto y pueden depender de que sean un concreto de alta resistencia, un concreto arquitectónico, mortero o relleno fluido.

En los concretos convencionales actualicé el cálculo del factor con los resultados recientes que se obtienen a través de los estadísticos. Considerando los aspectos de resistencia, edad, tamaño del agregado, revenimiento y norma que rige al producto.

Realicé la conversión de los productos ofertados como módulo de ruptura a productos de resistencia a la compresión y adicionalmente se consideran los aspectos ofertados.

Para el caso de los concretos que ofrecen durabilidad realicé el análisis de los productos y se determinan los factores por medio de la relación agua/cemento que rige la elaboración del concreto.

Los concretos lanzados, autocompactables y rellenos fluidos deben considerar un consumo mayor de cemento, por esta razón tuve que analizar este tipo de productos por separado y verificar cual es el consumo adicional que debe considerar.

Existen concretos estructurales y de alta resistencia, éstos los consideré con un factor diferente a los convencionales debido a que la "t" de Student en este tipo de concretos debe ser menor al momento de diseñarlos para asegurar que la resistencia cumpla con lo establecido en las normas vigentes.

De igual manera, se cuentan con concretos ligeros los cuales son ofertados por su peso volumétrico y las consideraciones que tomé en estos concretos va a depender del consumo de cemento según sea el peso ofertado.

Por último, se cuentan con morteros y lechadas que prácticamente se componen de agua y cemento en su mayoría, por esta razón realicé consideraciones adicionales que permitieron el cálculo adecuado para determinar su factor.

VI.3. Metodología

VI.3.1. Cálculo de factores de eficiencia del concreto

Para realizar el cálculo de los factores tuve que obtener las resistencias reales y las comparé contra las resistencias vendidas, como se muestra a continuación:

$$Factor = \frac{f'c_{Vendida}}{f'c_{Real}}$$

En el caso de los concretos convencionales realicé el cálculo de la $f'c$ de diseño como se mostró en *"IV.3.1 Diseño de mezclas"* y se compara con los resultados de los estadísticos para verificar que el cálculo sea el adecuado.

En este caso tomé como referencia un concreto de resistencia a la compresión 250 kg/cm², revenimiento 14 cm, TMNA 20 mm y edad de garantía a 28 días. Para realizar los ajustes en cada uno de estos factores analicé los estadísticos y obtuve los siguientes resultados:

- i. Resistencia de diseño: utilicé el método ACI 211.1 para determinar la resistencia requerida contemplando una desviación estándar de 19 kg/cm², una "t" de Student para concretos convencionales de 1.00 y para concretos especiales de 1.28.
- ii. Revenimiento: por cada centímetro de revenimiento aumenté 2.5 litros de agua y se ajusta la cantidad de cemento a la resistencia requerida.
- iii. Por tamaño del agregado: tuve que hacer tres consideraciones para sacar la desviación en consumo de cemento entre los tamaños de los agregados tomando como bases agregados de tamaño 20 mm:
 - a. Comparación con los agregados de tamaño 10 mm: obtuve una cantidad adicional de cemento de 20 kg que se anexan a los productos que tengan este agregado.
 - b. Comparación con los agregados de tamaño 13 mm: de la comparativa que realicé, requieren de manera adicional 13 kg de cemento.
 - c. Comparación con los agregados de tamaño 40 mm: del análisis que elaboré, al ser más grandes requieren menos cemento, en este caso únicamente se quitan 3 kg.
- iv. Edad: para ajustar los productos por edad utilicé los gráficos de endurecimiento *"III.3.1 Estrategias de ahorros"*.

Estas consideraciones aplican para todos los concretos, sin embargo, se tienen diferentes productos que ofertan consideraciones adicionales y a continuación describo los procesos adicionales a seguir para obtener sus factores.

En el caso de los pavimentos, al ser ofertados con módulo de ruptura debía realizar la conversión a concretos ofertados como resistencia a la compresión porque de esta manera se tiene entrada a comparar la resistencia contra el consumo de cemento en el diseño. Para generar la conversión, utilicé los resultados estadísticos donde se reflejan las pruebas realizadas y con los datos que obtuve generé el cambio de módulo de ruptura a resistencia a la compresión.

En el caso de los concretos que ofrecen durabilidad, realicé el análisis de los estadísticos. Estos productos establecen en su formulación el cumplimiento de una relación agua cemento estipulada, para analizarlos extraje los consumos de cemento y agua en cada relación agua/cemento definiendo como parámetros base: edad a 28 días, revenimiento 14 cm y el TMNA a 20 mm. El análisis se realizó para cada resistencia a partir de 250 kg/cm², con saltos de 50 kg/cm², de esta manera pude graficar los resultados obtenidos y posteriormente determinar los consumos de cemento y agua base para realizar el ajuste, si cambia el revenimiento, el tamaño del agregado y edad garantizada.

La determinación del factor para los concretos lanzados, autocompactables y rellenos fluidos fue más compleja porque tuve que analizar por cada clasificación los concretos y graficar los resultados relacionando la resistencia ofertada contra el contenido de cemento y posteriormente comparar la resistencia real obtenida en los ensayos de laboratorio, estos tres tipos de concreto tuvieron en común que la resistencia ofertada comparada contra la real era de un 20% adicional de la ofertada por lo que el consumo de cemento estaría ligado a las resistencias reales que daba el producto.

Los concretos estructurales tenían que calcularse con una "t" de Student de 1.28 y adicionalmente tenían que ofrecer 10 kilos de resistencia adicionales que los ofertados, por esta razón tomaba como resistencia ofertada la que se vende al cliente más los 10 kilos, a partir de esa resistencia se realiza el cálculo de la resistencia a la compresión de diseño.

El consumo de cemento en los concretos de alta resistencia sigue el siguiente comportamiento:

$$f'c_{Ajustada} = f'c * (-0.01) + 14$$

Al ser concretos de alta resistencia se tiene que obtener una resistencia ajustada y posteriormente se realiza el cálculo con la "t" de Student de 1.28 tomando como base la resistencia obtenida, de esta manera se puede generar la comparación en consumo de cemento y agua que realmente requiere el concreto para la resistencia final.

El análisis de los concretos ligeros dependen del peso volumétrico ofertado y su resistencia, debido a que se aligera el peso de los concretos utilizando mayor cantidad de cemento que influye en estos dos parámetros.

Primero tuve que obtener la información de los concretos ligeros y comparar los consumos que tenían las mismas resistencias ofertadas y compararlas con sus pesos volumétricos, posteriormente se obtuvo un consumo de cemento base y grafiqué el comportamiento de consumo de cemento que tendría de manera adicional contra las densidades, obteniendo los siguientes resultados:

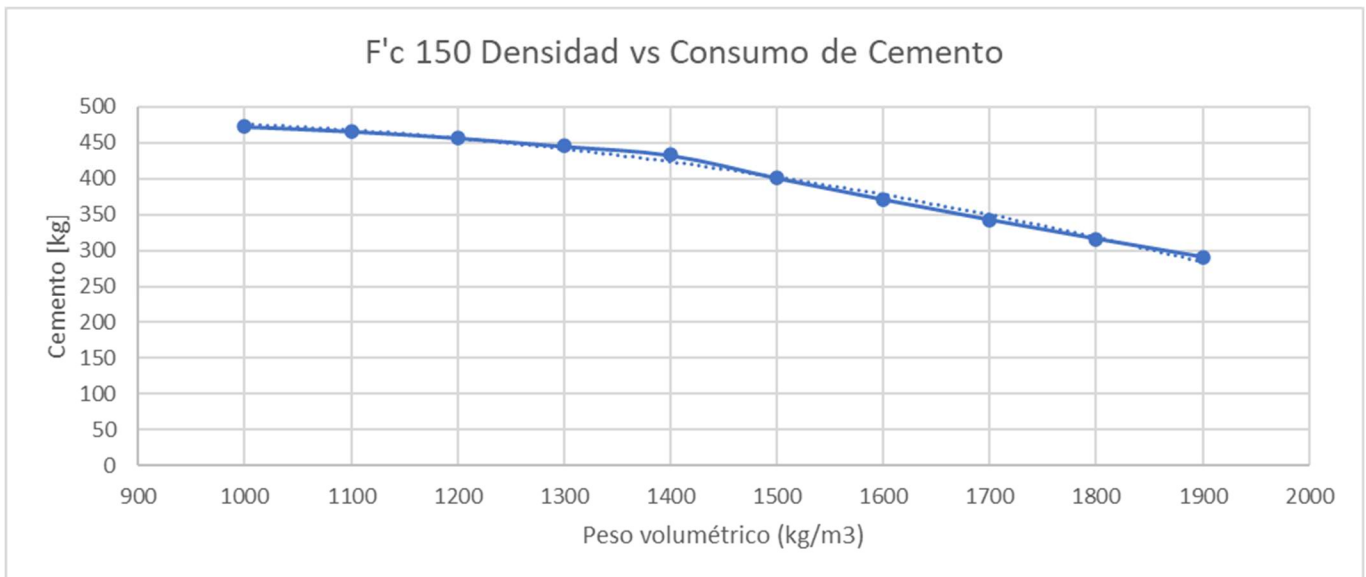


Ilustración 12. Comparación de la Densidad vs Consumo de Cemento en concretos ligeros con resistencia 150 kg/cm².

Para obtener el ajuste adecuado realicé una línea de tendencia polinómica obteniendo la siguiente expresión para el ajuste:

$$Cemento = -0.0002 * (Densidad)^2 + 0.2667 * (Densidad) + 374.23$$

De esta manera se puede determinar el consumo de cemento y posteriormente ligarlo a las resistencias requeridas y obtener el factor de los productos ligeros, los datos para que pudiera generar los gráficos los obtuve de los estadísticos de producto terminado y los ensayos en laboratorio.

Por último, las resistencias con las que cuentan las lechadas y morteros van relacionadas al consumo de agua y cemento en un incremento del 20 % adicional que en concretos convencionales, de igual manera la resistencia obtenida al final es mayor a la ofertada.

VII. Conclusiones

La salud y seguridad dentro de cualquier organización es de suma importancia porque el funcionamiento de las empresas se da por todos los colaboradores que se encuentran en su plantilla. Durante la pandemia tuvimos que adaptarnos a las diferentes formas de trabajo y crear estrategias de comunicación para el monitoreo constante de los colaboradores; de igual manera se crean aprendizajes de los incidentes y se comparten con el resto de los colaboradores para evitar que pasen otros similares creando estrategias de prevención.

Al generar una comunicación activa y eficiente se pueden atender incidentes y prevenirlos de manera oportuna para el correcto funcionamiento de la operación. Cuando se registra algún incidente se debe dar el seguimiento continuo y asegurarse que el colaborador recibió las atenciones adecuadas en caso de ser requerido, estos reportes son de suma importancia porque se reflejan en los tableros de incidentes a nivel nacional.

El aseguramiento de la calidad en la elaboración de concreto es un punto fundamental dentro de la empresa y se deben cumplir con todos los controles adecuados al realizar alguna prueba de concreto. Al estar certificados ante las entidades acreditadoras damos la seguridad a nuestros clientes de que los procesos son los adecuados durante todo el proceso de la elaboración y evaluación del concreto.

La tendencia a nivel global es aprovechar al máximo los recursos con los que se cuentan debido a que son escasos y debemos maximizar el uso de los materiales. Por esta razón se necesitan realizar constantes evaluaciones en los productos elaborados y verificar que los materiales con los que se conforman son los óptimos prevaleciendo la calidad en todo momento.

Al diseñar mezclas debemos tener en consideración cada uno de los pasos y variables que influyen en el proceso para asegurar que creamos concretos correctos. En todo momento hay que mantener contacto con el cliente para asegurar que los productos ofertados son la solución a las necesidades requeridas.

Medir la eficiencia de los concretos es un parámetro importante en la calidad ofertada a los clientes y de esta manera podemos tomar decisiones de manera oportuna y hacer que los productos sean los correctos. De igual manera, el análisis que se requiere de toda la información debe ser procesada de manera adecuada y generar procesos de actualización rápidos y eficientes.

De todo el análisis que realicé de la información obtenida pude determinar los cálculos y estimaciones en el consumo de cemento para diferentes productos, lo que ayudará a comparar la eficiencia de los concretos en diferentes estados de la república tomando como parámetros los estadísticos de formulación en el país.

Durante mi estancia en CEMEX pude poner en práctica los conocimientos adquiridos en mi trayectoria académica, utilizando diferentes habilidades y herramientas que permiten brindar soluciones eficientes. Cuando realicé los análisis de los resultados estadísticos en mezclas de concreto apliqué la estadística para posteriormente obtener modelos matemáticos de predicción en el comportamiento del concreto.

La parte de Salud y Seguridad está ligado a las asignaturas del área de Sociales y Humanidades debido a que me permitió generar nuevas soluciones de manera integral, anteponiendo el bienestar de los compañeros, así como el ser empático ante las diferentes cargas de trabajo o situaciones por las que estaban pasando, brindando un apoyo de manera oportuna a los colaboradores.

En mi estancia en la Facultad de Ingeniería aprendí de manera general el diseño para elaboración de mezclas de concreto junto con diferentes procesos constructivos, al trabajar en CEMEX lo puse en práctica y fortalecí mis habilidades al tener acceso a nuevos métodos, conociendo los materiales e incluso aportando tecnologías en los diferentes diseños.

Apliqué los conocimientos de planeación y programación, al generar los presupuestos, calendarización y puesta en marcha de las auditorías. Estos reportes me ayudaron a generar un avance específico de cada actividad realizada para presentar los reportes al Gerente de mi área quien validaba el seguimiento y gestionaba los recursos necesarios para la implementación de las actividades.

Referencias

1. CEMEX. (2023). Acerca de Cemex. Cemex México. Recuperado el 13 de junio de 2023 del sitio web: <https://www.cemexmexico.com/acerca-de-cemex>
2. CEMEX. (2023). Misión. Cemex México. Recuperado el 13 de junio de 2023 del sitio web: <https://www.cemexmexico.com/mision-cemex>
3. CEMEX. (2023). Valores. Cemex México. Recuperado el 13 de junio de 2023 del sitio web: <https://www.cemexmexico.com/valores-cemex>
4. Google (2023). [Centro de Tecnología del Cemento y Concreto CEMEX]. Recuperado el 01 de marzo 2023 del sitio web: <https://maps.app.goo.gl/1JMMSYqrcK5pEtoW5>
5. CEMEX. (2023). Cemento. Cemex México. Recuperado el 13 de junio de 2023 del sitio web: <https://www.cemexmexico.com/cemento-cemex>
6. CEMEX. (2023). Uso del Agua. Cemex México. Recuperado el 13 de junio de 2023 del sitio web: <https://www.cemexmexico.com/uso-del-agua-cemex>
7. CEMEX. (2023). Agregados. Cemex México. Recuperado el 13 de junio de 2023 del sitio web: <https://www.cemexmexico.com/agregados-cemex>
8. CEMEX. (2023). Aditivos. Cemex México. Recuperado el 13 de junio de 2023 del sitio web: <https://www.cemexmexico.com/aditivos-cemex>
9. CEMEX. (2023). Concretos. Cemex México. Recuperado el 13 de junio de 2023 del sitio web: <https://www.cemexmexico.com/concretos-cemex>
10. American Concrete Institute. (2016). ACI 211. 1_91 Proporcionamiento de Concreto de Peso Normal. Estados Unidos: ACI. Recuperado el 10 de noviembre de 2023 de la base de datos ACI.