

Demolición controlada en la industria alimentaria: ingeniería, seguridad e inocuidad Controlled demolition in the food industry: engineering, safety, and food safety

A. Islas-Hernández ^a, A. Hernández-Perea ^a, V. Volpi-León ^{a,*}

^a Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5, col. Carboneras, Mineral de la Reforma, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

Resumen

La demolición controlada en instalaciones del sector alimenticio exige una planeación rigurosa para garantizar continuidad operativa, seguridad estructural y del entorno e inocuidad. Este artículo aborda el caso de una planta industrial en Querétaro, Méx., donde se demolieron y reconstruyeron losas de entepiso en el área de empaque, debido al cambio de uso y exposición a vibraciones por patines eléctricos y tanques de almacenamiento. La intervención fue programada en un periodo de baja producción, considerando equipos inmóviles y la necesidad de minimizar impactos. Se presenta una metodología integral que incluye corte perimetral con disco diamantado, fragmentación controlada, logística de retiro mediante túneles y vanos, medidas preventivas para polvo y vibraciones, y protocolos sanitarios estrictos. Además, se propone un modelo estructural mejorado con losa reforzada y trabes diseñadas para nuevas cargas dinámicas. El trabajo destaca la importancia de la ingeniería, planeación interdisciplinaria y promueve prácticas seguras y preventivas aplicables a futuras intervenciones en la industria alimenticia.

Palabras Clave: Demolición controlada, planeación, ingeniería, seguridad, inocuidad.

Abstract

Controlled demolition in food industry facilities requires rigorous planning to ensure operational continuity, structural safety, environmental protection, and food safety. This article discusses the case of an industrial plant in Querétaro where floor slabs in the packaging area were demolished and rebuilt due to a change of use and exposure to vibrations from electric pallets and storage tanks. The intervention was scheduled during a period of low production, considering immobilized equipment and the need to minimize impacts. A comprehensive methodology is presented, including perimeter cutting with a diamond blade, controlled fragmentation, removal logistics through tunnels and spans, preventive measures for dust and vibrations, and strict sanitary protocols. Additionally, an optimized structural model is proposed with reinforced slab and beams designed for new dynamic loads. The work highlights the importance of engineering and interdisciplinary planning and promotes safety and preventive practices applicable to future interventions in the food industry.

Keywords: Controlled demolition, planning, engineering, safety, food safety.

1. Introducción

La demolición convencional es el proceso mediante el cual se desmantela parcial o totalmente una estructura existente con el objetivo de liberar espacio, corregir fallas estructurales, o permitir la construcción de nuevas obras. Este procedimiento puede realizarse mediante métodos manuales, mecánicos o incluso con el uso de explosivos, dependiendo de la naturaleza de la estructura, el entorno y los requerimientos del proyecto.

Según la Norma N-CTR-CAR-1-02-013/00 (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2000), la demolición se define como el conjunto de trabajos que se ejecutan para deshacer o desmontar una estructura o parte de ella, seleccionando y estibando los materiales aprovechables y retirando los escombros conforme a lo establecido en el proyecto o por orden de la autoridad competente.

Por su parte, la NOM-031-STPS-2011 (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2011), relativa a condiciones de seguridad y salud en el trabajo en obras de construcción,

*Autor para la correspondencia: volpi@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: is440707@uaeh.edu.mx (Aline Islas-Hernández), ingahperea@gmail.com (Aldo Hernández-Perea), volpi@uaeh.edu.mx (Valeria Volpi-León).

establece que toda actividad de demolición, del tipo que sea, debe contemplar medidas preventivas para proteger la integridad física del personal, así como garantizar la seguridad estructural del entorno y el manejo adecuado de residuos.

Diversos estudios han abordado la problemática de la demolición y disposición de residuos desde una perspectiva ambiental; no obstante, se observa una limitada profundización respecto a las técnicas específicas de demolición controlada y a la planeación multidisciplinaria de estos procesos. En este contexto, Tabares y García (2004), en su trabajo sobre lineamientos para el manejo integrado de residuos peligrosos en la industria química aplicada a obras civiles, subrayan la relevancia de una adecuada gestión y disposición de los residuos de demoliciones constructivas. Sin embargo, su análisis se concentra principalmente en la insuficiencia de estrategias de sensibilización e información ambiental dirigidas al sector industrial.

Por su parte, (Gastelbondo, 2019), al estudiar los criterios de implantación de la ISO 14000:2015 en el sector industrial de obra civil, centra su investigación en la gestión de controles ambientales y en la administración de recursos durante la ejecución de proyectos; aunque propone lineamientos documentados, estos se enfocan a ámbitos específicos de gestión ambiental.

La demolición controlada es una técnica especializada dentro de la ingeniería civil que permite dismantelar estructuras de forma planificada, segura y precisa, minimizando riesgos para el entorno y las personas involucradas (Budesá, 2024). A diferencia de la demolición tradicional, este método se caracteriza por su enfoque meticuloso, el uso de maquinaria especializada y la gestión responsable de residuos, siendo especialmente útil en entornos sensibles como los industriales y urbanos (Granados Fernández, 2019).

En lo referente a las buenas prácticas de manufactura en la industria alimentaria, (Díaz, 2009) desarrolla una metodología de búsqueda y recuperación de información académica para evidenciar los beneficios organizacionales derivados de su implementación, específicamente en lo relativo al aseguramiento de la inocuidad de los productos.

En el contexto de la industria alimenticia, uno de los sectores más dinámicos y estratégicos de la economía mexicana, los trabajos civiles adquieren una criticidad particular. Las plantas de producción de alimentos operan bajo estrictos estándares de seguridad e inocuidad, regulados por normas como la NOM-251-SSA1-2009 (Secretaría de Salud, 2010) y la ISO 22000:2018 (ISO, 2018), que establecen requisitos para garantizar la calidad sanitaria y estructural de las instalaciones (COFEPRIS, 2016).

La ejecución de obras civiles en estas instalaciones implica retos técnicos y operativos que van más allá de la ingeniería estructural. La presencia de equipos inmóviles, la necesidad de mantener la operación continua y el cumplimiento de protocolos de higiene industrial convierten cada intervención en un proceso de alta complejidad.

El trabajo interdisciplinario, la correcta planeación y ejecución de intervenciones es clave para el éxito de este tipo de proyectos, especialmente dentro del sector alimenticio; cada una de las consideraciones desarrolladas a lo largo de este trabajo son un parteaguas para cualquier intervención futura en esta industria y en cualquier otra del sector. En este sentido, la demolición controlada se presenta como una solución eficaz

para realizar adecuaciones estructurales sin comprometer la seguridad ni la inocuidad de los alimentos.

El objetivo principal de esta investigación es desarrollar una metodología técnica e interdisciplinaria enfocada en la demolición controlada y reconstrucción de losas en edificaciones del sector alimenticio de un proyecto específico, considerando las exigencias operativas, estructurales y sanitarias propias de su entorno. Se busca generar una propuesta original que permita readaptar espacios industriales mediante la intervención con trabajos de obra civil sin comprometer la continuidad de los procesos ni su seguridad, promoviendo prácticas preventivas y sostenibles en el mantenimiento de infraestructura, así como los aspectos fundamentales a considerar en la planeación de este tipo de proyectos dentro del sector.

2. Descripción del objeto de estudio

El objeto de estudio corresponde a dos losas de entepiso ubicadas en el área de empaque de una industria alimenticia en el estado de Querétaro. La estructura general del edificio está conformada por marcos de concreto armado resistentes a momentos, con juntas de dilatación a lo largo de su dimensión principal. El edificio fue construido en fases desde 1970, por lo que algunas áreas tienen más de 50 años de antigüedad.

El área de empaque es una estructura de dos niveles: un piso base elevado aproximadamente un metro sobre el nivel N+0.00, un entepiso (Mezanine N+3.96) y la azotea N+8.00. El sistema estructural del entepiso está compuesto por losas de concreto armado con espesor teórico de 120 mm (5 in), apoyadas sobre vigas secundarias de sección típica 300×600 mm que, a su vez, descansan sobre vigas principales con secciones que varían entre 200×1000 mm y 400×1000 mm, como se muestra en la Tabla 1. Las columnas son de concreto reforzado con sección de 500×500 mm, en la Figura 1 se representan algunas secciones de los elementos estructurales.

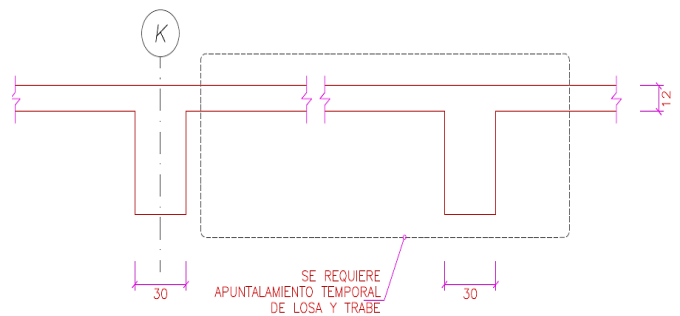


Figura 1: Representación en corte de algunos elementos estructurales
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla 1: Dimensiones de elementos estructurales (mm)

Elemento	Dimensiones típicas
Losas de entepiso	120 mm de espesor
Vigas secundarias	300 x 600 mm
Vigas principales	200 x 1000 mm a 400 x 1000 mm
Columnas	500 x 500 mm

El objetivo del mezanine desde sus inicios era el almacenamiento y alimentación de producto a través de tanques hacia las líneas de empaque, a partir del año 2014 se inició la readaptación de este con la incorporación de un montacargas para el transporte de producto en toneladas, así como de nuevos equipos, lo que incrementó las cargas

dinámicas. Entre diciembre de 2022 y enero de 2023 se realizaron pruebas estructurales, incluyendo extracción de núcleos de concreto, ensayos de resistencia a compresión y determinación del módulo de elasticidad. Las cargas sobre el entrepiso se clasifican en estáticas (peso propio del equipo y almacenamiento temporal en tanques y super sacos) y dinámicas (tránsito de patines eléctricos tipo Crown y montacargas).

Este cambio funcional incrementó la exposición a vibraciones y esfuerzos mecánicos, lo que podría comprometer la durabilidad de las losas si no se reforzaran oportunamente. Por ello, la intervención se planteó como una medida preventiva para readaptar la infraestructura antes de alcanzar un estado crítico, con el fin de asegurar la estabilidad estructural de la planta, la operación ininterrumpida del proceso productivo y el cumplimiento de las condiciones higiénico-sanitarias del producto.

3. Metodología

La metodología propuesta se basó en un enfoque de ingeniería aplicada que integra análisis estructural, planeación técnica y gestión interdisciplinaria de las áreas de ingeniería, operación de planta, seguridad, sanidad, y mantenimiento para garantizar la seguridad, inocuidad y continuidad operativa durante la intervención. El departamento de ingeniería es el encargado de abordar la problemática, planear las intervenciones, gestionar los recursos y ejecutar los trabajos. Para garantizar una adecuada gestión del proyecto debe consultar en primer lugar a la operación de planta, a fin de asegurar que sus intervenciones no afectan o pongan en una situación crítica la producción, posteriormente, se encarga de involucrar al departamento de seguridad, sanidad y mantenimiento de forma simultánea, para que el plan de ejecución del proyecto cumpla con estándares regionales y globales.

Se estructura en cuatro principales componentes:

- Diagnóstico estructural y análisis del refuerzo de elementos estructurales portantes.
- Planeación técnica de la demolición controlada, considerando maquinaria, herramientas y técnicas de bajo impacto.
- Coordinación interdisciplinaria entre áreas de ingeniería, mantenimiento, operaciones, seguridad industrial y food safety.
- Modelo de reconstrucción estructural optimizado para resistir nuevas condiciones de carga y tránsito.

Este enfoque busca resolver un reto técnico y aportar una solución replicable para futuras intervenciones en el sector alimenticio, donde la ingeniería civil debe adaptarse a condiciones altamente reguladas y operativamente sensibles. En la Figura 2 se muestra la metodología planteada.

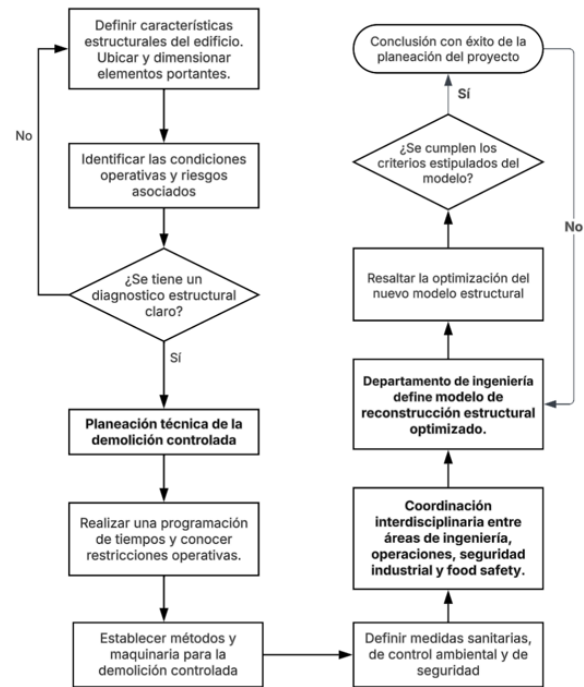


Figura 2: Diagrama de flujo de la metodología para diagnóstico estructural. Fuente: Elaboración propia, 2026.

Para la rehabilitación del espacio, se siguieron los criterios establecidos en el apartado 2.1.1, para un edificio con cambio de uso, según la Norma Técnica Complementaria para Evaluación y Rehabilitación Estructural de Edificios Existentes (Diario Oficial de la Federación, 2023).

3.1. Diagnóstico estructural y análisis del refuerzo de elementos estructurales portantes

Para desarrollar un proyecto de rehabilitación eficiente, es necesario contar con información de las condiciones del edificio, tales como configuración, características estructurales y deficiencias sísmicas (Gobierno de la Ciudad de México, 2023). En el proyecto, se evaluó la condición actual de las losas del entrepiso para determinar el impacto del cambio funcional en su desempeño estructural. El primer paso del diagnóstico consistió en la caracterización completa del sistema estructural del edificio y la identificación precisa de las losas objeto de intervención, considerando su ubicación, dimensiones, función actual y condiciones operativas.

3.1.1 Características generales del edificio

El sistema estructural está conformado por marcos rígidos de concreto armado, un marco consiste en traveses o vigas que están conectadas rígidamente a columnas, de modo que toda la estructura tiene una mayor capacidad para resistir los efectos de las fuerzas laterales (Hibbeler, 2012). La construcción inicial del edificio se realizó en 1970, evolucionando en fases hasta alcanzar su configuración más completa en 2008. Durante este periodo, el edificio ha experimentado remodelaciones en áreas específicas, lo que ha modificado parcialmente su comportamiento estructural.

3.1.2 Ubicación y dimensiones de las losas de entrepiso

Las dos losas que se demolieron se encontraban en el área destinada al empaque de productos terminados:

- Losa 1: Ubicada entre los ejes J-K / 25-26, con dimensiones aproximadas de 9 × 10 m. Su función principal es el resguardo de tanques de almacenamiento de producto, cuya manipulación se realiza mediante patines eléctricos tipo Crown, generando cargas dinámicas constantes.
- Losa 2: Ubicada entre los ejes F-G / 22-23, también con dimensiones de 9 × 10 m, destinada al volteo o vaciado de sacos con producto fino hacia los tanques de almacenamiento y al vaciado de producto terminado para empaque. Esta losa y sus alrededores presentan tránsito frecuente de montacargas, lo que incrementa significativamente las cargas dinámicas.

En la Tabla 2 se observa la comparativa entre el armado original y el armado de refuerzo para el proyecto.

Tabla 2: Comparativo de armados de losa y traveses de reforzamiento

Losa 1 y 2		Losa 1 y 2	
Armado original		Armado después de intervención	
• Losa maciza con concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$.	• 12 cm de espesor	• Losa maciza con concreto $f'c = 450 \text{ kg/cm}^2$.	• 20 cm de espesor
• Emparrillado con varilla del no.4 @ 20 cm en el lecho inferior en ambas direcciones.		• Emparrillado nuevo con varilla del no.4 @ 15 cm en ambos lechos y en ambas direcciones.	
• Armado de traveses con 8 varillas de no.8 y 4 varillas del no.3		• Se mantuvo el armado existente en traveses y se reforzó aumentando 9 varillas del no.8 y 4 del no.3	

Ambas losas forman parte de la estructura de entrespejo denominada como Mezanine N+3.96, compuesto por aproximadamente 14 losas que fueron construidas con el mismo armado de acero y un espesor teórico de 12 cm, así como las dimensiones mencionadas anteriormente.

3.1.3 Condiciones operativas y riesgos asociados

Con el paso del tiempo la evolución de los productos, así como su alta demanda en el mercado provocó el cambio funcional de esta área, que pasó de un uso convencional a operaciones con equipos móviles y almacenamiento temporal, ha incrementado la exposición a vibraciones y esfuerzos mecánicos. Este fenómeno, común en estructuras industriales, puede generar efectos acumulativos que comprometan la durabilidad y funcionalidad de los elementos estructurales si no se consideran adecuadamente en el diseño (Arnedo-Peña, 2024). Por ello, la intervención se planteó como una medida preventiva para readaptar la infraestructura antes de alcanzar un estado crítico.

3.1.4 Extracción de núcleos de concreto

Se extrajeron seis núcleos de concreto en diferentes losas del mezanine, incluyendo las dos losas objeto de intervención, para inspección visual y pruebas de laboratorio. Los ensayos incluyeron resistencia a compresión y determinación del módulo de elasticidad. El módulo de elasticidad esperado, de acuerdo con el Código de Construcción de la Ciudad de

México para gravas basálticas, se estimó con base en la siguiente fórmula:

$$3500\sqrt{f'c} = 17,500 \text{ MPa} \left(174,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) \quad (1)$$

Los resultados obtenidos mostraron valores inferiores a los esperados, lo que podría ocasionar microfisuración interna en el concreto, además de fisuras visibles en las muestras. Este comportamiento puede asociarse a fatiga acumulada por cargas dinámicas y edad del material.

3.1.5 Prueba de respuesta al impulso IR

Con los valores determinados para evaluar la integridad estructural en la región en estudio, se llevó a cabo la prueba de respuesta al impulso (IR) in situ. La estimación de la condición de integridad del piso mediante la aplicación de la respuesta al impulso en estructuras tipo placa está definida por la Norma ASTM C1740, Práctica Estándar para Evaluar la Condición de Placas de Concreto Usando el Método de Respuesta al Impulso. Se empleó el equipo de ensayo s'MASH que utiliza un impacto de baja tensión, producido por un martillo con punta de goma instrumentado, para enviar ondas de esfuerzo a través del elemento probado. El impacto hace que el elemento vibre en un modo de flexión y un transductor de velocidad, colocado junto al punto de impacto, mide la amplitud de la respuesta. La célula de carga del martillo y el transductor de velocidad están conectados a una computadora portátil con el software s'MASH para la adquisición de datos, procesamiento de señales, visualización de datos y almacenamiento de datos. El análisis de movilidad en función de la frecuencia, obtenido mediante transformada rápida de Fourier (FFT), confirmó la presencia de discontinuidades internas, reforzando la hipótesis de deterioro progresivo.

3.1.6 Cargas estáticas y dinámicas

Las cargas sobre el entrespejo se clasificaron en:

- Estáticas:
 - Tanques de almacenamiento: 2.50 kN/m² (250 kg/m²)
 - Súper sacos: < 1.00 kN/m² (100 kg/m²) (No se suman por ocupación alternada).
- Dinámicas:
 - Patines eléctricos tipo Crown: carga moderada, alta frecuencia de tránsito.
 - Montacargas Toyota 8FD35-8FG50:
 - Peso propio: 4,200 kgf
 - Capacidad máxima: 3,600 kgf
 - Peso total: 7,800 kgf (78.0 kN)

Al no existir carriles definidos ni límites de velocidad en el área de Mezanine, incrementó el impacto dinámico y la dispersión de esfuerzos en las losas existentes.

3.1.7 Interpretación del cambio funcional de elementos

El cambio funcional del entrespejo ha ido transformando su comportamiento estructural, pasando de un diseño para cargas estáticas moderadas a un escenario donde predominan acciones dinámicas significativas, principalmente, por el tránsito de montacargas y patines eléctricos. La condición gobernante para el diseño de las losas es la carga dinámica inducida por el montacargas, cuyo peso total alcanza 78 kN,

generando esfuerzos concentrados y repetitivos que no fueron contemplados en el diseño original.

En México, los códigos estructurales no incluyen especificaciones para considerar las fuerzas dinámicas de montacargas en el diseño de losas. Por ello, se adoptó un enfoque basado en modelos semi analíticos y referencias internacionales, como el Eurocódigo EN1, que propone un método cuasi-estático para simplificar el diseño frente a cargas dinámicas. Este método consistió en multiplicar la carga estática del montacargas por un factor dinámico que cubra los efectos de aceleración y vibración, aplicando la carga resultante de forma estática en el análisis. Los factores recomendados son: 1.40 para neumáticos y 2.00 para neumáticos sólidos, aplicados en las ruedas delanteras, donde se concentra la mayor transferencia de carga.

Este enfoque permitió aproximar las deformaciones y tensiones inducidas por cargas dinámicas, asegurando que el diseño preventivo sea robusto frente a las condiciones reales de operación.

Asimismo, respecto a los estados límite de servicio, que afectan el funcionamiento adecuado de la estructura sin alcanzar su capacidad máxima de carga, la evaluación de los resultados mecánicos y de las condiciones de operación mostró que el entrepiso presentaba deterioro y estaba sometido a cargas dinámicas mayores a las consideradas en su diseño original, evidenciadas por vibraciones excesivas y algunas deformaciones. Por ello, se decidió realizar una intervención preventiva para evitar que la estructura evolucionara hacia un estado crítico que comprometiera la seguridad estructural y la continuidad de la operación.

3.2. Planeación técnica de la demolición controlada

La intervención se planificó bajo un esquema de tiempo crítico, aprovechando el paro programado de planta para mantenimiento general. Durante este periodo, la planta no generó producción, lo que reduce riesgos de contaminación en procesos alimentarios; sin embargo, existieron equipos inamovibles que debieron permanecer operativos y protegidos, lo que añade complejidad a la ejecución.

3.2.1 Programación y duración de la intervención

El tiempo total asignado para la demolición, armado y reconstrucción de las losas, incluyendo colado, fraguado, aplicación de acabados y pruebas sanitarias, fue de 23 días naturales, como se muestra en la Figura 3. Este plazo se distribuyó en actividades secuenciales y paralelas para optimizar recursos:

- Trabajos preliminares: Se instalaron contenciones para impedir la salida de polvo y concreto expuesto hacia el interior de la planta, así como montaje de la primera cimbra metálica y puntales, que permitieron ejecutar la demolición de manera segura.
- Demoliciones controladas: 96 horas, ejecutadas con cuadrillas rotativas para mantener el rendimiento del personal.
- Retiro y disposición de escombros: 46 horas en paralelo con la demolición, por las rutas definidas durante la planeación, garantizando limpieza continua del área.

- Habilitado e instalación de acero de refuerzo: Trabes principales y secundarias: 96 horas, Losa: 60 horas.
- Segunda cimbra modulada a las dimensiones de los nuevos elementos: 48 horas.
- Colado de ambas losas y elementos estructurales: 12 horas, con cuadrillas diferenciadas para cada losa.
- Etapa final: Curado, muestreos sanitarios, limpieza, aplicación de pinturas y acabados, reinstalación de luminarias y detalles complementarios.



Figura 3: Programa de obra para intervenciones de proyecto.

Fuente: Elaboración propia 2025.

La programación contempló turnos continuos de 24 horas, de lunes a domingo, con cuadrillas rotativas, conforme a lo establecido en la NOM-031-STPS-2011 sobre seguridad en obras de construcción (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2011). Este enfoque busca garantizar la ejecución dentro del plazo disponible, evitando retrasos que afecten la reanudación de la producción y asegurando el cumplimiento de estándares de seguridad e inocuidad.

3.2.2 Restricciones operativas y protección de equipos inamovibles

La planeación técnica considera las condiciones particulares del área de intervención, donde la presencia de equipos inamovibles y sistemas de transporte de producto impone restricciones críticas que deben gestionarse para garantizar la seguridad estructural, la continuidad operativa y la inocuidad alimentaria.

3.2.2.1 Losa 1: Condiciones y medidas

La losa ubicada entre los ejes J-K / 25-26 se encuentra en un punto intermedio de la planta, lo que complica el acceso para maquinaria y personal. En el nivel inferior existe una banda transportadora de producto que no pudo ser desplazada, por lo que se implementaron barreras físicas y confinamiento total del área de trabajo para evitar contaminación. En el nivel +3.96, donde se ejecutó la demolición, no hay equipos inamovibles, pero existen caídas de producto cercanas, que fueron protegidas mediante cubiertas plásticas reforzadas y sistemas de contención multicapa. Por otro lado, lo que sí existió fue un paso a través de una plataforma y escalera metálica con placa de aluminio antiderrapante anclada a una de las trabes principales de la losa para la cual se tuvo que diseñar un nuevo sistema de soporte y anclaje similar al descrito en la

losa 2 para que durante los trabajos de demolición esta únicamente se cortara y se separara del elemento, pero pudiera permanecer estable, aunque durante la intervención no estuvo en funcionamiento.

3.2.2.2 Losa 2: Condiciones y medidas

La losa ubicada entre los ejes F-G / 22-23 presentó condiciones más complejas, ya que en el nivel +3.96 existen equipos inamovibles dentro del área de demolición. Para garantizar su integridad, se diseñó un plan de soporte estructural temporal que consistió en:

- Colocación de perfiles PTR de 4" × 4" calibre 14, formando una estructura metálica tipo "C" que abrazó la trabe, mostrado en la Figura 4.
- Anclaje mediante taquetes de ½" × 4" con adhesivo químico Hilti RE-500.
- Instalación de un travesaño del mismo perfil para conformar un sistema tipo "columpio", que permitió colgar los equipos durante la ejecución de los trabajos civiles.



Figura 4: Instalación de soportes estructurales para equipo inamovible dentro de la losa a demoler. Fuente: Elaboración propia, 2025.

En ambos casos, la parte inferior de las losas contó con bandas transportadoras de producto que fueron protegidas con plástico de polietileno calibre 600 así como por las cimbras metálicas instaladas y soportadas por 500 puntales, garantizando estabilidad y seguridad durante la demolición.

3.2.3 Métodos y maquinaria para la demolición

En esta sección se muestra el proceso para ejecución de obras de demolición. La cual se subdivide en tres subsecciones.

3.2.3.1 Demolición controlada

La demolición se ejecutó mediante corte perimetral con disco diamantado, mostrado en la Figura 5, así como fragmentación controlada por secciones mediante el uso de rompedores neumáticos, priorizando la minimización de vibraciones y el control de polvo dentro de la planta. En la Losa 1, el plan incluyó la habilitación de un túnel sobre el Mezanine hacia el muro de lindero, donde se abrió un vano para evacuar el escombro; en la Losa 2, al existir un eje inmediato al exterior, se abrió un vano directo que evitó tránsitos internos.



Figura 5: Representación del corte con disco diamantado en concreto como método de demolición. Fuente: Comportiz, 2023.

Primero, se realizó el trazo y el corte húmedo a profundidad total (espesor de 12 cm), delimitando paneles manejables y reduciendo sobre-roturas en el concreto remanente. El uso de agua enfría el disco y suprime el polvo (sílice), conforme a guías OSHA/NIOSH para sierras de piso; el lodo se retira antes de que seque. Posteriormente, la demolición se limitó a la rotura puntual con rompedores sobre los paneles ya seccionados; para esta fase, se aplicó agua continua en el punto de impacto. Cabe destacar que, el acero de traveses no se cortó, se mantuvo, se protegió durante las demoliciones para no dañarlo y se reforzó; por otro lado, el acero de la losa en las condiciones actuales fue cortado mediante el uso de herramienta manual como pulidores, manteniendo 40 veces el diámetro de la varilla para el traslape del nuevo acero.

Finalmente, el retiro y acopio se realizó siguiendo las rutas acondicionadas (túnel/vanos), con zonas de transición y protección de personas/equipos. Esta metodología está alineada con guías técnicas de demolición parcial, seguridad de la planta y reaprovechamiento/gestión de residuos de concreto.

3.2.3.2 Medidas sanitarias y control ambiental

Se realizaron pasos de muro para instalar sistemas de inyección y extracción de aire con salida al exterior de planta, asegurando el control del flujo de polvo y cumpliendo con protocolos de seguridad e inocuidad.

El área de demolición fue confinada mediante cuatro paredes de plástico reforzado, cada una con cinco capas, para evitar cualquier contaminación por polvo o concreto expuesto, como se observa en la Figura 6.



Figura 6: Contenciones con plástico en el área intervenida y mangueras de inyección y extracción de aire. Fuente: Elaboración propia, 2025.

Durante las demoliciones y colados, las capas se retiraron progresivamente con el fin de no tener el área tan contaminada por los trabajos y se hizo bajo protocolo, se cortó la capa de plástico en secciones de 1 x 1 m, envolviendo hacia el centro, empleando y depositando en cajas de cartón de 1.20 x 1.20 x 1.20 m las cuales igualmente fueron empleadas, aplicando líquido sanitizante en el trayecto del retiro hacia el exterior.

3.2.3.3 Protocolos de protección personal

El personal utilizó traje Tyvek, mascarilla para polvo, guantes para vibración y tapones auditivos para más de 80 decibeles de ruido dentro del área confinada, mostrado en la Figura 7; el personal cruzó por una zona de transición donde se retiró el Equipo de Protección Personal (EPP) específico y se sanitizó el calzado antes de salir al área general de empaque dentro de la planta, conforme a los lineamientos de seguridad e higiene industrial.



Figura 7: Uso de EPP específico para la ejecución de trabajos.
Fuente: Elaboración propia, 2025.

Es importante resaltar que además se contó con el EPP básico certificado como lo indica la NOM-031-STPS-2011 (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2011) que incluye casco contra impacto, botas de seguridad con casquillo y dieléctricas, anteojos de protección, tapones auditivos, guantes y por cuestiones de sanidad se incluyó el uso de cofia de tela o escafandra en el caso exclusivo de contar con bigote.

3.3 Coordinación interdisciplinaria entre áreas de ingeniería, operaciones, seguridad industrial y sanidad

La ejecución de proyectos de demolición controlada en instalaciones del sector alimenticio representa un desafío crítico que exige una planeación minuciosa y una coordinación interdisciplinaria efectiva. No se trata únicamente de aplicar conocimientos técnicos; el éxito depende de integrar las necesidades y restricciones de todas las áreas involucradas, garantizando que la intervención se realice sin comprometer la continuidad operativa, la seguridad del personal y la inocuidad del producto.

3.3.1 Rol del Departamento de Ingeniería

El equipo de ingeniería lideró el diseño, la planeación y la ejecución del proyecto, aportando la experticia técnica para definir el método de demolición, la maquinaria y los protocolos constructivos. Sin embargo, en un entorno alimenticio, la ingeniería no puede operar de manera aislada. Cada decisión técnica debe alinearse con los requerimientos de producción,

seguridad y calidad, lo que demanda una comunicación constante con las demás áreas.

3.3.2 Rol del Departamento de Operaciones

El departamento de operaciones fue responsable de asegurar el funcionamiento continuo de la planta, manteniendo la producción conforme a los objetivos mensuales. Su papel es crítico para sincronizar el plan de producción con los tiempos de intervención definidos por ingeniería. Esto implicó liberar las líneas afectadas en tiempo y forma, evitando retrasos que impactaran la entrega de producto terminado. La coordinación con operaciones garantizó que la ejecución del proyecto no generara paros no programados ni afectara la eficiencia global de la planta.

3.3.3 Rol del Departamento de Seguridad Industrial

La seguridad industrial establece los lineamientos para que la obra se realice conforme a la normativa, principalmente conforme la NOM-031-STPS-2011 (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2011), además de otras disposiciones aplicables. Este equipo define las condiciones del EPP, los procedimientos seguros y las medidas para mitigar riesgos. Un aspecto relevante surgido en las sesiones de planeación fue la evaluación del nivel de ruido generado por los rompedores neumáticos, lo que permitió seleccionar la protección auditiva adecuada para el personal contratista. La participación del equipo de seguridad garantizó que la intervención se ejecutara sin incidentes y con pleno cumplimiento legal.

3.3.4 Rol del Departamento de Sanidad (QFS)

En una planta alimenticia, la inocuidad es prioritaria. El área de sanidad determina los protocolos sanitarios para evitar cualquier riesgo de contaminación durante la obra. A partir del alcance del proyecto, se definieron medidas como:

- Contención física: Instalación de cuatro paredes de plástico reforzado con cinco capas, selladas para mantener la zona completamente confinada.
- EPP específico: Traje Tyvek, zapatones y mascarilla para polvo.
- Protocolos de limpieza: Aplicación de tres ciclos de limpieza con diferentes químicos, garantizando la eliminación de contaminantes.
- Validación microbiológica: Muestras en laboratorio para confirmar que el área intervenida estuviera libre de riesgos antes de reincorporarse a la operación.

3.3.5 Importancia de la planeación y el trabajo interdisciplinario

Para este proyecto se realizaron reuniones semanales de seguimiento y planeación, donde cada área expuso sus necesidades y restricciones. Estas sesiones permitieron:

- Ajustar el cronograma de obra a la programación de producción.
- Definir medidas de seguridad específicas (ruido, EPP, señalización).
- Establecer protocolos sanitarios y procedimientos de limpieza.
- Garantizar que todas las acciones se ejecutaran bajo un enfoque preventivo y colaborativo.

A la par de estas reuniones se fueron realizando distintos trabajos preliminares que surgieron como requerimiento, adecuando diferentes áreas de la planta de manera provisional durante el tiempo que se restringió el acceso o uso de las áreas donde se realizaron las intervenciones. La correcta coordinación interdisciplinaria no solo aseguró el éxito técnico del proyecto, sino que protegió la continuidad operativa, la seguridad del personal y la inocuidad del producto, pilares fundamentales en la industria alimenticia.

3.4 Modelo de reconstrucción estructural optimizado para resistir nuevas condiciones de carga y tránsito.

En esta sección se muestra el procedimiento correspondiente a la ingeniería para asegurar el éxito de la intervención de la estructura.

3.4.1. Análisis estructural

Las áreas donde se realizó la reconstrucción de losas se representan gráficamente en la Figura 8. Esta recomendación provino de las principales rutas de tránsito que se pudieron identificar en el sitio.

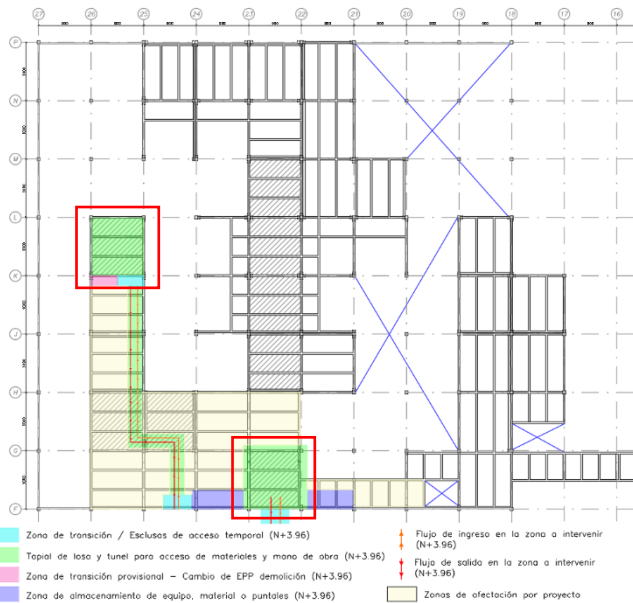


Figura 8: Representación de las losas y traveses a reconstruir en Mezanine Nivel + 3.96 (en color rojo). Fuente: Elaboración propia, 2026.

Para el caso particular del entrepiso modificado, el edificio de la planta no es todo lineal, se tiene el caso de columnas con ménsulas a las cuales llegan dos traveses: una a la columna y otra a la ménsula, como la representación de un modelo numérico para edificios es a través de nodos (puntos), líneas (traveses y columnas), la trabe que se apoya en la ménsula debe ser modelada con un apoyo no lineal, en el que las deformaciones de la ménsula sigan a las de la columna. En estos casos se utilizó el método del elemento finito mediante el software de diseño estructural ETABS desarrollado por Computers and Structures Inc. (CSI) en su versión 2023. El resultado de este análisis indicó los refuerzos que requerirían dichos elementos para garantizar la seguridad de la estructura durante el proceso de readaptación

Dado que habrá áreas en el entrepiso que no se reconstruirán en la etapa que se está reportando, el DLF utilizado para las losas fue igual a 2.

Fuera de las áreas de tránsito idealmente representadas en la Figura 8, se considera que la carga viva es de 350 kg/m² (35

MPa) como la carga mínima especificada por el código local para edificios industriales. La carga amplificada del montacargas se aplicó en el centro de cada elemento bajo estudio. En la Figura 9, se muestran los momentos flectores para las losas del piso, para la siguiente combinación de cargas: 1.3DL + 1.5LLm.

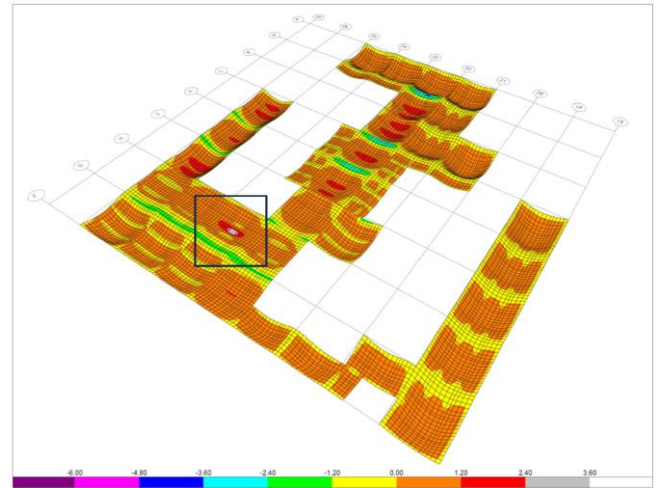


Figura 9: Carga de montacargas amplificada por un DLF de 2 aplicada en el centro de la losa indicada. Fuente: Elaboración propia, 2023.

Donde DL es la carga muerta, y LLm es la carga viva máxima. La carga de montacargas amplificada en la losa indicada se considera una carga viva.

Las resistencias a flexión y corte para la sección propuesta se aprecian en la Figura 10.

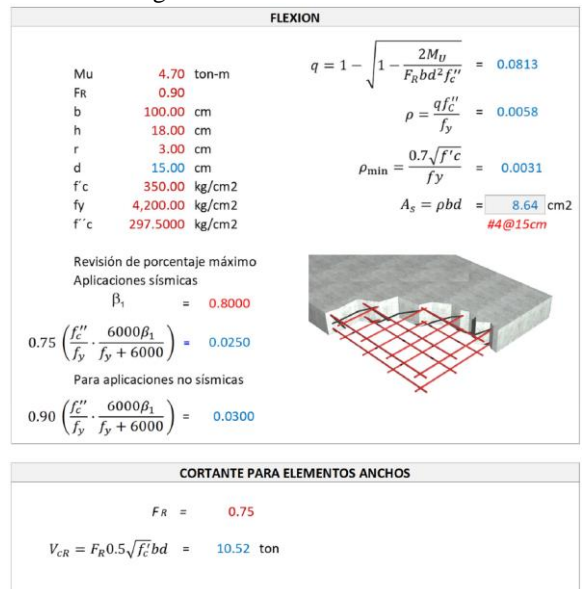


Figura 10: Resistencia a la flexión y cortante para la sección propuesta de losa. Fuente: Elaboración propia, 2023.

En las áreas donde se recomendó la reconstrucción de losas, también se reforzaron las vigas secundarias y principales.

La reconstrucción estructural propuesta responde a la necesidad de incrementar la capacidad portante y la durabilidad frente a nuevas condiciones de carga dinámica y tránsito pesado en áreas críticas de la planta. El diseño optimizado consideró tanto la losa como el sistema de traveses principales y secundarias, garantizando un comportamiento integral conforme a las exigencias operativas futuras.

3.4.2. Losa reforzada

- Espesor: 20 cm (incremento respecto a los 12 cm originales).
- Refuerzo: Varilla No. 4 (Ø 12.7 mm) colocada a cada 15 cm en lecho superior e inferior, en ambas direcciones.

Las ventajas del refuerzo fueron la aportación de mayor rigidez y capacidad para cargas concentradas, reducción de fisuración por flexión y fatiga, cumplimiento con criterios de ACI 318 para losas sometidas a cargas industriales.

3.4.3. Trabes secundarias

Refuerzo longitudinal: Acero Grado 42, compuesto por:

- Sección de 500 x 600 mm.
- 3 barras No. 8 en lecho superior.
- 3 barras No. 8 en lecho inferior.
- 2 barras No. 3 en caras laterales.
- Estribos: Varilla No. 3 a cada 20 cm.

Su función fue distribuir cargas de la losa hacia las trabes principales, evitando deformaciones excesivas y garantizando continuidad estructural.

3.4.4 Trabes principales

- Sección de 400 a 500 x 1000 a 1200 mm
- Refuerzo longitudinal: Acero Grado 42, con 9 varillas del no. 8 en lechos superior e inferior y 4 varillas del no. 3 por temperatura
- Estribos: Varilla No. 3, espaciados según cálculo estructural.

En el diseño adaptado, el habilitado y posicionamiento se definieron en planos estructurales considerando las variaciones geométricas y cargas específicas de cada losa.

3.4.5 Concreto y compatibilidad

El concreto empleado en losas y trabes se dosificó para alcanzar una resistencia a la compresión de $f'_c = 450 \text{ kg/cm}^2$ con desarrollo de resistencia temprana a 3 días. La aceleración del fraguado se obtuvo mediante el incremento del contenido de cemento, sin utilizar aditivos acelerantes, con el fin de preservar la uniformidad de la mezcla y la compatibilidad estructural. Debido a la alta dosificación de cemento, se incorporaron aditivos reductores de agua de alto rango para proporcionar la trabajabilidad y revenimiento requeridos durante la colocación. Estos aditivos mejoran la dispersión de las partículas cementantes respecto a plastificantes convencionales; por ello, el concreto se suministró con un revenimiento de 20 cm.

3.4.6. Optimización del modelo

Este diseño se considera optimizado porque:

- Incrementó la capacidad portante frente a cargas dinámicas y tránsito pesado.
- Mejoró la rigidez global del sistema, reduciendo vibraciones y deformaciones.
- Cumplió con normativas internacionales (ACI 318) y criterios de seguridad industrial.
- Redujo riesgos de fatiga estructural, promoviendo la extensión de la vida útil del sistema.

4. Discusión de resultados

La metodología aplicada permitió evaluar la efectividad del enfoque de demolición controlada en un entorno industrial alimenticio. El uso de corte perimetral con disco diamantado seguido de fragmentación localizada demostró ser una estrategia adecuada para minimizar vibraciones y evitar daños colaterales en estructuras adyacentes. Las mediciones de ruido y polvo, junto con la implementación de sistemas de supresión y monitoreo, confirmaron que los niveles se mantuvieron dentro de los parámetros normativos, validando la pertinencia de los controles propuestos.

La logística diseñada para el retiro de escombros —mediante túneles y vanos— resultó eficiente, evitando interferencias con las áreas productivas y reduciendo riesgos operativos. Asimismo, la coordinación interdisciplinaria fue determinante, las sesiones semanales permitieron ajustar cronogramas, definir protocolos sanitarios y garantizar la disponibilidad de líneas de producción, lo que evitó paros no programados.

En cuanto al modelo estructural optimizado, el incremento en el espesor de la losa y el refuerzo en trabes principales y secundarias aseguraron una mayor capacidad portante frente a cargas dinámicas y tránsito pesado. Los resultados de las muestras de control de calidad ensayadas en laboratorio indicaron que el concreto alcanzó la resistencia a las 24 horas de edad. La resistencia promedio alcanzada a las 72 horas de edad fue de $f'_c = 565 \text{ kg/cm}^2$. Este diseño no solo cumplió con los criterios normativos, sino que también prolongó la vida útil del sistema, reduciendo la probabilidad de fisuración y deformaciones prematuras.

La readaptación de espacio en el mezanine de esta industria fue producto del éxito y la alta demanda en sus productos, sin embargo, el hecho de ser un sector alimenticio no limita consideraciones globales de seguridad e inocuidad en sus instalaciones, los cuales fueron los principales objetivos en el desarrollo de este proyecto, contar con áreas seguras para el desarrollo de los nuevos trabajos implementados así como del personal que los ejecuta y prevenir daños futuros en los sistemas estructurales que pudieran convertirse en un riesgo microbiológico que comprometiera la inocuidad del producto.

5. Conclusiones

La ejecución del proyecto de demolición controlada en una planta del sector alimenticio confirma que la planeación integral, la coordinación interdisciplinaria y la aplicación de metodologías seguras y eficientes son factores determinantes para el éxito.

La metodología implementada para la readaptación de espacios incluyendo la demolición, reforzamiento y reconstrucción de losas, así como elementos estructurales permitió minimizar vibraciones y evitar daños colaterales, cumpliendo con las normativas aplicables (NOM-031-STPS-2011, OSHA). Las medidas preventivas, como el monitoreo de ruido y vibración, la supresión de polvo y el uso de EPP especializado, garantizaron la protección del personal y la integridad de la planta.

La coordinación interdisciplinaria fue un pilar fundamental ya que las sesiones semanales entre ingeniería, operaciones, seguridad y food safety permitieron sincronizar cronogramas, definir protocolos sanitarios y establecer contenciones físicas, limpiezas en tres ciclos y validaciones microbiológicas. Este enfoque colaborativo evitó paros no programados y aseguró

que la intervención se realizara sin comprometer la inocuidad del producto.

En cuanto al modelo estructural optimizado, el incremento del espesor de la losa a 20 cm, el refuerzo bidireccional con varilla No. 4 y el diseño robusto de traveses principales y secundarios con acero Grado 42 y concreto $f'c = 450 \text{ kg/cm}^2$ proporcionaron una solución capaz de resistir las nuevas condiciones de carga y tránsito, reduciendo riesgos de fatiga y mejorando la estabilidad global.

No se puede hacer de lado que si bien, fue un trabajo de mucha planeación y especial atención, existieron limitaciones durante la misma como la restricción de espacios, liberación de áreas y líneas adicionales a las intervenidas, y la mayor y más importante limitante, el tiempo, pues los 23 días asignados fueron el límite para ejecutar el proyecto con turnos de 24 horas, los 7 días de la semana, pues la planta no puede durar tanto tiempo parada sin producción.

El desarrollo, planeación y ejecución de este proyecto fue el parteaguas para el desarrollo de esta metodología, la cual será aplicada en siguientes intervenciones para cualquier trabajo de facilities, utilities, services (FUS) o cualquier otro que requiera de obra civil por mínima que sea.

Finalmente, este proyecto representó un reto en la ingeniería y estableció un referente para futuras intervenciones en la industria alimenticia a nivel global, ya que la literatura técnica y normativa actual describe con amplitud los métodos de remoción, sus ventajas y limitaciones, pero lo hace en términos generales y rara vez documenta protocolos integrados para interiores de plantas de alimentos en operación continua. Por otra parte, este trabajo aporta una secuencia operacional validada in situ (trazo–corte húmedo full-depth–fragmentación localizada–retiro por túnel/vanos) específicamente configurada para entornos con inocuidad reforzada y restricciones logísticas severas, algo poco detallado en reportes y códigos de práctica. Los estándares como BS 6187:2011 proveen directrices potentes para planificar demoliciones (rutas, exclusiones, estabilidad) y salvaguardas contra incendios; el OSHA 29 CFR 1926.1153 especifican controles de ingeniería para sílice (corte húmedo y/o captura local con HEPA). Sin embargo, la implementación combinada y simultánea de estos marcos en una zona de empaque con contenciones sanitarias, limpiezas en tres ciclos y validación microbiológica es un elemento diferenciador de este trabajo. El departamento de sanidad es quien durante el proyecto se encargó de garantizar la aplicación de las BPM y los protocolos adecuados para este tipo de intervenciones y no solo durante la producción cotidiana, pues se vuelve crítico para la planta asegurar que ninguna obra o proyecto genere algún tipo de contaminación del producto directa o indirectamente.

Nuestro protocolo enlaza: (a) planificación y exclusiones, (b) plan de prevención de incendios, (c) supresión de polvo por corte húmedo y (d) barreras, EPP sanitario y verificación microbiológica (lineamientos de higiene industrial alimentaria), en un ciclo operativo continuo. Los códigos de demolición y seguridad recomiendan planificación y roles, pero aquí se institucionalizó una gobernanza semanal entre Ingeniería, Operaciones, Seguridad y Sanidad para liberar

Hibbeler, R. C. (2016). *Análisis estructural* (8ª ed.). México: Pearson Educación.

ISO. (2018). ISO 22000:2018 – Food safety management systems. Recuperado de <https://www.iso.org/es/contents/data/standard/06/54/65464.html>

J. Palamas et al. (1985) Effects of the surface irregularities upon the dynamic response of bridges under suspend moving loads.

líneas, definir protección auditiva por niveles de dB de rompedores, alinear contenciones sanitarias y limpiezas en tres ciclos con la programación de producción, algo crítico y poco descrito en estudios técnicos convencionales. Este trabajo demostró que intervenir en entornos críticos no puede limitarse a criterios técnicos aislados; requiere una visión global que considere operación continua, seguridad industrial y protocolos sanitarios estrictos. La experiencia obtenida refuerza la necesidad de protocolos preventivos, monitoreo continuo y comunicación efectiva entre áreas, asegurando que cada decisión técnica esté alineada con los objetivos operativos propios de la planta.

Agradecimientos

Mi reconocimiento y gratitud a mis asesores por su guía y acompañamiento durante el desarrollo de este manuscrito. Extiendo también mi aprecio a todas las personas que, con su apoyo y enseñanzas, contribuyeron en mi formación profesional para hacer este trabajo posible, a mis seres queridos, gracias por su respaldo constante a lo largo de este proceso.

Finalmente, a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, por el espacio, así como la oportunidad de compartir este trabajo con la comunidad académica y por los valiosos conocimientos adquiridos durante mi formación.

Referencias

- American Concrete Institute. (2019). ACI 318-19: Building code requirements for structural concrete and commentary. Farmington Hills, MI: ACI Committee 318.
- Arnedo-Peña, A. (2024). Diseño frente a vibraciones en estructuras civiles e industriales. *aceweb.cat*. Recuperado de https://www.aceweb.cat/wp-content/uploads/2024/01/presentacion_estructuras_frente_vibraciones.pdf.
- ASTM International. (2015). ASTM C1740: Standard Practice for Evaluating the Condition of Concrete Plates Using the Impact Response Method.
- BSI (2011). Code of practice for full and partial demolition. Recuperado de <https://www.normsplash.com/Samples/BSI/136129642/BS-6187-2011-en.pdf>.
- Budesa. (2024). ¿Qué es la demolición controlada y cuándo es necesaria? Recuperado de <https://budesa.es/que-es-la-demolicion-controlada-y-cuando-es-necesaria>.
- COFEPRIS. (2016). Marco normativo para alimentos. Gobierno de México. Recuperado de <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/marco-normativo-para-alimentos>.
- Comportiz. (2023). Ocasiones para cortes de hormigón con disco. Recuperado de <https://www.comportiz.com/blog/ocasiones-cortes-de-hormigon-disco/>.
- European Committee for Standardization. (2002). EN 1991-1-1: Eurocode 1 – Actions on structures – Part 1-1: General actions – Densities, self-weight, imposed loads for buildings. Brussels: CEN.
- Gastelbondo, G. C., Espitia, C. R. & Castillo, D. (2019). Criterios de Implementación ISO 14000:2015 Caso Estudio Sector Industrial Obra Civil. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/26755>
- Granados-Fernández, A. V. (2019). Aplicación del método de demolición controlada con hilo diamantado. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Recuperado de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625972/GRANADOS_FA.pdf?sequence=1.
- JVM Montacargas. (2025). Montacargas Toyota neumático 8FD35-8FG50. Recuperado de <https://jvmontacargas.com/products/montacargas-toyota-neumatico-8fd35-8fg50>.
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2015). Engineering controls for cut-off saws. Centers for Disease Control and Prevention. Retrieved from <https://www.cdc.gov/niosh>.

- Gobierno de la Ciudad de México. (2023, 6 de noviembre). *Normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de estructuras de concreto*. Gaceta Oficial de la Ciudad de México.
- Gobierno de la Ciudad de México. (2023, 6 de noviembre). *Normas técnicas complementarias para la evaluación y rehabilitación estructural de edificios existentes*. Gaceta Oficial de la Ciudad de México.
- Gobierno de la Ciudad de México. (2023, 6 de noviembre). *Normas técnicas complementarias para la evaluación y rehabilitación estructural de edificios existentes*. Gaceta Oficial de la Ciudad de México.
- Occupational Safety and Health Administration. (2017). Fact Sheet: Jackhammers. OSHA Publication FS-3629. Retrieved from <https://www.osha.gov>.
- Occupational Safety and Health Administration. (2019). Safety and Health Regulations for Construction 1926 Subpart Z Recuperado de <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1926/1926.1153>.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2000). Norma N-CTR-CAR-1-02-013/00: Demoliciones y desmantelamientos. Instituto Mexicano del Transporte. Recuperado de <https://normas.imt.mx/storage/normativa/N-CTR-CAR-1-02-013-00.pdf>
- Secretaría de Salud. (2010, 1 de marzo). NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5133449&fecha=01/03/2010.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2011). NOM-031-STPS-2011: Construcción – Condiciones de seguridad y salud en el trabajo. Diario Oficial de la Federación. Recuperado de <https://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-031.pdf>.
- PAOT. (2022). Normas Técnicas Complementarias sobre criterios y acciones para el diseño estructural de las edificaciones. Recuperado de https://paot.org.mx/centro/normas_a/2022/8.pdf.
- Tabares Jaramillo, F y García Henao, H. (2004). Lineamientos para el manejo integrado de residuos peligrosos en el sector de la industria química para la construcción de obras civiles. Universidad de Antioquia. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10495/148>