

Ingeniería al límite

Eventos catastróficos



Lecciones aprendidas de fallos estructurales reales

Sobre nosotros en KINEDRIK

Somos la evolución en la formación técnica, somos líderes en transformar conocimiento en criterio, y criterio en decisiones que mueven la industria.

68 Nacionalidades

Enfoque multicultural

+605 Programas formativos
en español e inglés

Pioneros en formación BIM

97%

Califican entre un 8-10 la calidad y el contenido de nuestros programas

98%

Nuestros alumnos recomiendan a KINEDRIK

Presentes en +10 países



España



United Kingdom



India



EAU - Dubái



Estados Unidos



Ecuador



Colombia



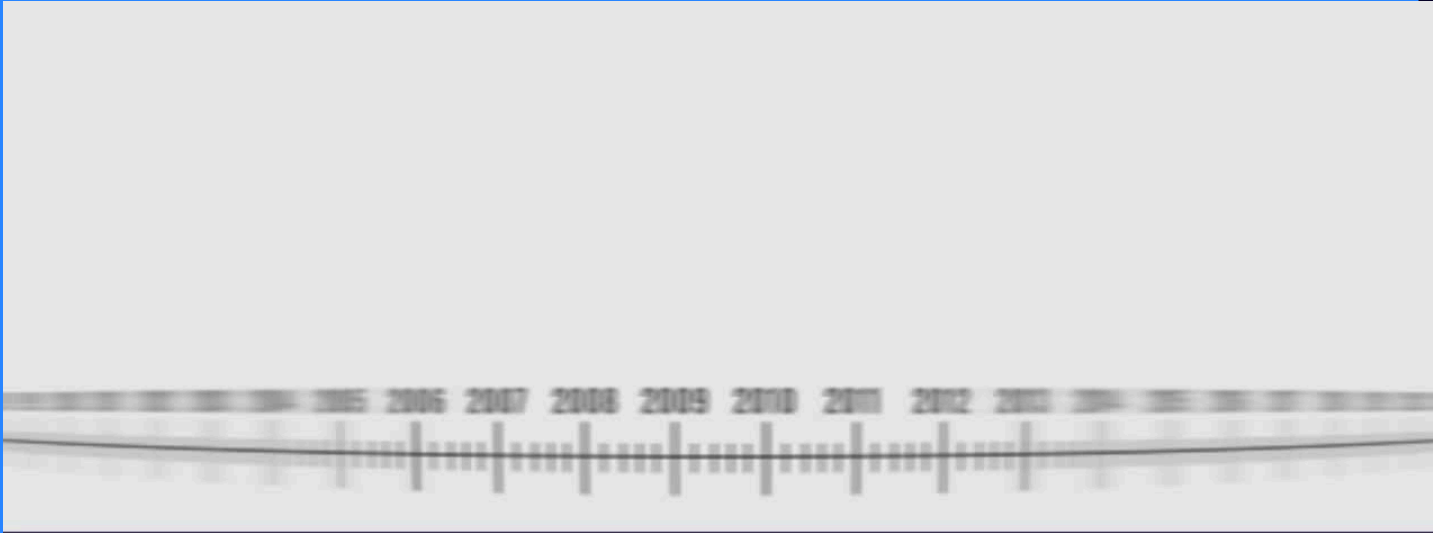
Malta



México



República Dominicana



Mira el video: Diseñando para lo imprevisible

¿Qué vas aprender?



01 Eventos catastróficos y su clasificación por ocurrencia y daños.

02 Impacto económico y social de los desastres naturales y humanos



03 Eventos catastróficos 2024 - 2025
Estudios de caso

04 Causalidad costo-beneficio y dimensión ética del diseño



05 Innovación aplicada para la prevención

06 Lecciones aprendidas que puedes implementar en tus diseños





Introducción

El periodo 2024-2025 se ha establecido como un catalizador para la revisión profunda de los estándares de diseño estructural a nivel global. Los ingenieros y planificadores enfrentan una convergencia de riesgos sin precedentes, que incluye la intensificación de la actividad sísmica en ciertas regiones y, de manera crucial, los desafíos impuestos por el cambio climático. Los pronósticos para la temporada de huracanes de 2025, por ejemplo, indican condiciones neutrales en la oscilación del sur (ENSO), lo que, históricamente, ha llevado a ciclones del pacífico que se acercan más a las costas, aumentando el riesgo potencial de impacto. Esta amenaza dinámica requiere que el diseño estructural no solo mitigue el riesgo geológico, sino que también integre la gestión del riesgo climático, como las fuerzas extremas del viento y el oleaje proyectado.

250 mil millones de dólares

Se estiman las pérdidas económicas globales por eventos climáticos extremos en 2025, en el mundo.

74%

De los países latinoamericanos enfrentaron una alta frecuencia de eventos climáticos extremos

Más de 50.000 millones de dólares

En pérdidas económicas en Europa en el segundo semestre del 2025

Eventos catastróficos y su clasificación por ocurrencia y daños

Evento catastrófico

Acontecimiento súbito, de gran magnitud y con consecuencias devastadoras que afectan significativamente a la vida humana, la economía, el ambiente y/o la infraestructura de una comunidad, región o país.



Naturales



Son aquellos originados por fenómenos físicos de la naturaleza (huracanes, terremotos, inundaciones, sequías, tsunamis).

Humanos



Derivan de errores, negligencias o fallas estructurales provocadas por la acción humana (accidentes industriales, colapsos de infraestructura, incendios provocados).

Clasificación de eventos catastróficos por ocurrencia

Frecuente / Operacional

Con un periodo de retorno de 1 a 10 años. Son eventos climáticos cíclicos o fallos de fatiga en componentes críticos, con una probabilidad de ocurrencia anual superior al 10%.

Ocasional / Diseño

Período de retorno de más de 50 años. Son eventos con un umbral estándar para el diseño sismorresistente y estructuras hidráulicas convencionales. Con una probabilidad anual de ocurrencia del 2%

Raro / Extremo

Eventos de baja probabilidad pero alta intensidad (Sismo máximo considerado, MCE). Con un período de retorno de 500 años aproximadamente y una probabilidad de ocurrencia anual de 0,02% aproximadamente.

Cisne Negro

Eventos geológicos o astrofísicos fuera de los registros históricos instrumentales. Con un período de retorno de 1000 años y una probabilidad de ocurrencia de 0,001%.



Clasificación de eventos catastróficos por daños

Según la integridad estructural



Daño localizado (Grado 1-2)

Afectación de elementos secundarios sin comprometer la estabilidad global. Ejemplo: Grietas en muros de corte sin exposición de armadura.

Compromiso de redundancia (Grado 3)

Fallo de elementos estructurales críticos que obliga a la redistribución de cargas. El sistema entra en régimen no lineal.

Colapso progresivo/global (Grado 4-5)

Discontinuidad geométrica total. La demanda de carga excede la capacidad residual del sistema (P-Delta effects).

Según el impacto en redes de infraestructura (Líneas de vida)



Impacto de nodo único

Fallo de un componente aislado (transformador, junta de dilatación).

Interrupción de red (Systemic Failure)

Pérdida de conectividad en grafos de transporte, energía o agua.

Inoperatividad extendida

Tiempo de recuperación superior al umbral de resiliencia económica de la región.

Impacto económico y social de los desastres naturales y humanos



Los desastres naturales generan pérdidas multimillonarias cada año, afectando tanto a países desarrollados como en desarrollo, y comprometiendo la sostenibilidad de sus economías.

Se estima pérdidas de
2,3 billones

97%

Las pérdidas equivalen al 97% del PIB italiano

-6%

Las pérdidas superan el PIB brasileño en -6%

49%

Las pérdidas equivalen al 49% del PIB de Alemania



Según informes del 2024 de Naciones Unidas, los desastres naturales provocan pérdidas económicas reales con cifra diez veces superior a las estimaciones tradicionales, debido a los efectos multiplicadores sobre ecosistemas y cadenas productivas.



2024

En el 2024, Japón fue el país más golpeado en términos de víctimas mortales por terremotos

¿Desastre natural o falta de planificación?

“

Podemos construir
Pensando en lo imprevisible”



[Ver video](#)



Eventos catastróficos 2024 - 2025

Estudios de caso



España – DANA 2024 (Evento Natural) 2024

235



Víctimas

Fue un grupo de inundaciones por depresión aislada en niveles altos (DANA). Ocurrió el 29 de octubre de 2024. La causa de los daños en infraestructura fue lluvias torrenciales y falta de inversión en infraestructura hidráulica

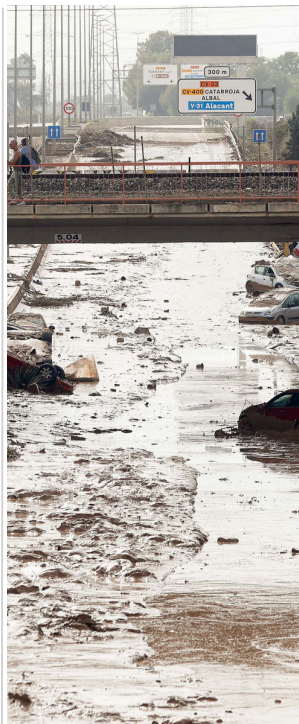
17.000

Millones de Euros

Reducción del impacto

El impacto pudo haberse reducido mediante una mayor inversión en infraestructura hidráulica y sistemas de drenaje urbano, acompañada de planes de alerta temprana y evacuación comunitaria.

El 35% de activos dañados fueron carreteras



35%



Además de las víctimas que murieron en sus hogares, se ha documentado un número significativo de personas que fallecieron intentando rescatar sus vehículos. Este comportamiento refleja un recuerdo de inundaciones pasadas, como la ocurrida hace 14 años, que se limitó principalmente a sótanos y daños menores en superficie. Sin embargo, esta DANA demostró ser mucho más letal, subrayando la necesidad de cambiar percepciones y reforzar mensajes preventivos.

Reflexiones finales

La tragedia de la DANA en Valencia pone en evidencia la necesidad de una mayor preparación ante fenómenos extremos. La educación ciudadana, la mejora en infraestructuras y un enfoque especial en los grupos más vulnerables son esenciales para evitar que desastres como este se repitan. Esta catástrofe debe servir como un llamado a la acción para que la seguridad y la prevención se conviertan en prioridades ineludibles.



Japón terremoto

01 enero 2024

El terremoto más devastador de Japón en 2024 ocurrió el 1 de enero en la península de Noto, prefectura de Ishikawa.

Tuvo una magnitud de 7,5–7,6 en la escala de Richter/momento, una profundidad de 10 km y una duración aproximada de 50 segundos.

549

Muertos

1.286

Heridos

+155

Más de 155 réplicas, la mayor de magnitud 6,2.

6,58

Generó un tsunami de hasta 6,58 metros

Incendios y colapso de edificios en Wajima e Ishikawa

Elementos estructurales

Edificaciones tradicionales de madera y baja cimentación

La vibración prolongada (≈ 50 segundos) y la poca profundidad del sismo (10 km) generaron movimientos laterales intensos que superaron la capacidad de resistencia de estas estructuras, provocando colapsos y derrumbes parciales.

Edificios urbanos de hormigón armado

Bloques de apartamentos y edificios públicos construidos con hormigón armado, algunos con diseños de los años 70–80. Aunque más resistentes, varios presentaban deficiencias en refuerzo sísmico y fatiga acumulada. El sismo expuso fallas en juntas y columnas.

Infraestructuras críticas (carreteras, puentes y ferrocarriles)

El terremoto generó licuefacción del suelo y deslizamientos, debilitando cimentaciones. En algunos casos, el tsunami posterior (6,5 m) agravó el daño, arrastrando secciones de vías y afectando pilares de puentes.



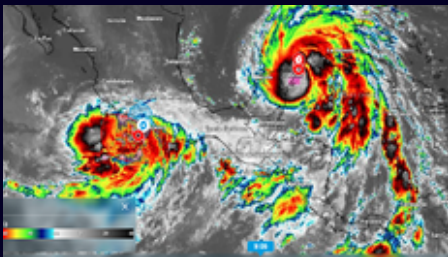
México Huracán Otis

2024

El Huracán Otis fue uno de los fenómenos más devastadores que ha golpeado México en la historia reciente.

Categoría 5 en la escala Saffir-Simpson

+50 Fallecidos y decenas de desaparecidos



Elementos estructurales

Hoteles y complejos turísticos

Grandes edificios frente al mar, con fachadas de vidrio y estructuras diseñadas para cargas normales de viento.

Los vientos de más de 270 km/h (Categoría 5) arrancaron ventanas, techos y revestimientos. La intensificación súbita del huracán dejó sin tiempo para reforzar medidas preventivas, provocando colapsos parciales y daños masivos en la infraestructura hotelera.

Viviendas residenciales y colonias populares

Casas de materiales ligeros (lámina, madera, bloques sin refuerzo) y techos poco anclados. La fuerza del viento y las lluvias torrenciales destruyeron techos y paredes, dejando miles de viviendas inhabitables. La falta de normas de construcción resistentes a huracanes en zonas vulnerables amplificó el daño.

Infraestructura eléctrica y de comunicaciones

La combinación de vientos extremos y caída de árboles derribó líneas eléctricas y torres. Esto provocó un colapso total de servicios básicos (electricidad, agua, internet, telefonía) durante semanas, afectando tanto la respuesta de emergencia como la recuperación económica.



República Dominicana

Colapso del Jet Set 2025

Es el porcentaje de ocurrencia de estos accidentes estructurales (colapso de techo en discoteca). Ocurrido el 8 de abril del 2025.

5% Probabilidad de ocurrencia

236

Muertos

+180

Heridos

750.000

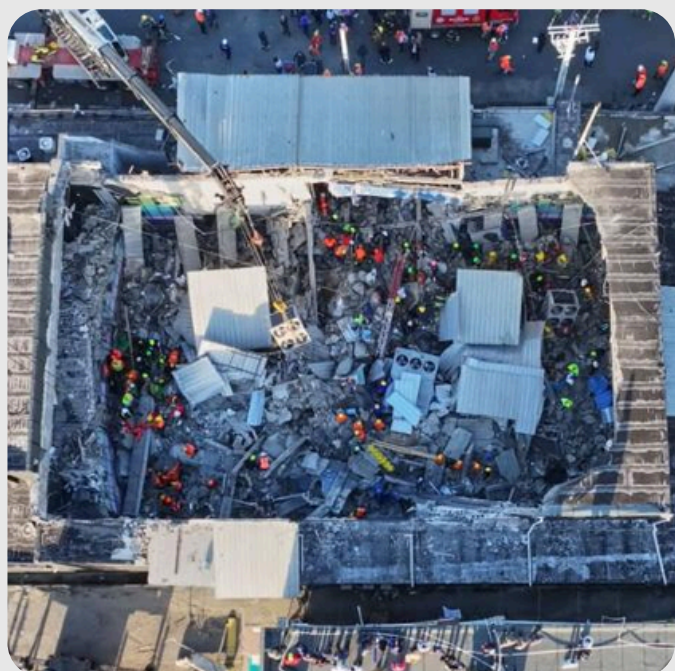
Fue el impacto económico por las pérdidas materiales.

Causa principal

Fallas estructurales y negligencia en mantenimiento.

Solución preventiva

El impacto pudo haberse evitado mediante una evaluación periódica de la infraestructura, cumplimiento estricto de las normas de construcción y seguridad, y la implementación de protocolos de inspección independiente en locales de alta concurrencia.





Argentina Buenos Aires

Inundaciones 2025

Las inundaciones provocaron daños severos en carreteras, sistemas de energía y redes urbanas de agua y saneamiento, además de afectar gravemente la infraestructura agrícola y portuaria.

5 millones

De hectáreas agrícolas quedaron bajo Agua

14

Muertos

4.100

Evacuados

1.400 millones

De pérdidas económicas en infraestructuras y bienes públicos

Daños

En provincias como Buenos Aires, Tucumán y La Pampa, las lluvias torrenciales convirtieron caminos en canales de agua y destruyeron tramos de rutas nacionales y provinciales.

La falta de obras de drenaje y mantenimiento hizo que el agua se acumulara, erosionando el pavimento y aislando comunidades enteras

Las inundaciones dañaron subestaciones eléctricas y postes de transmisión, provocando cortes prolongados de luz en Bahía Blanca y otras ciudades.

El sur de África se quedó prácticamente bajo el agua

“

Las infraestructuras para las que se calcularon ya son historia

”



[Ver video](#)





México

Inundaciones 2025

En octubre de 2025, México sufrió inundaciones históricas provocadas por lluvias torrenciales ligadas a los ciclones tropicales Raymond y Priscilla.

El desastre dejó al menos 72 muertos 320.000 personas sin electricidad, afectando gravemente a estados como Veracruz, Puebla, Hidalgo, Querétaro y San Luis Potosí

100.000

Viviendas afectadas

Cerca de 1.000 km de vías dañadas en al menos seis estados. Colapsos en Querétaro y ruptura de un gasoducto en Puebla.

Elementos estructurales

Carreteras y puentes colapsado

Las lluvias torrenciales provocaron desbordes y corrientes súbitas que erosionaron cimentaciones y arrastraron estructuras. La falta de drenajes adecuados y mantenimiento preventivo agravó el colapso, dejando comunidades aisladas.

Viviendas urbanas y rurales

El agua acumulada superó la capacidad de resistencia de techos y muros, generando derrumbes y pérdidas totales. La ubicación en zonas inundables y la ausencia de infraestructura de contención fueron factores decisivos.

Infraestructura eléctrica y de servicios básicos

La exposición directa al agua y los deslizamientos de tierra dañaron torres y tuberías. Esto provocó cortes masivos de electricidad y agua potable, afectando a más de 300.000 personas y dificultando la respuesta de emergencia.

Causalidad costo-beneficio y dimensión ética del diseño

Prevención Vs. Respuesta

Invertir en diseño resiliente reduce costos futuros de reconstrucción. Ejemplo: infraestructura antisísmica cuesta más al inicio, pero evita pérdidas humanas y económicas.

Cada dólar invertido en
prevención ahorra hasta
7 en reconstrucción.



Equidad y justicia en el diseño

Los diseños deben considerar si las poblaciones son vulnerables (niños, ancianos, comunidades rurales). Para evitar soluciones que beneficien solo a sectores privilegiados.

Transparencia y participación

Incluir a la comunidad en decisiones de diseño. Ética implica escuchar y respetar saberes locales.

Sostenibilidad



Uso responsable de recursos naturales. Diseñar pensando en el largo plazo, no solo en la rentabilidad inmediata.



Costo oculto

No diseñar con criterios de resiliencia genera costos invisibles: trauma social, pérdida cultural, migraciones forzadas.

El “ahorro” inicial se convierte en deuda social y económica.

Alerta temprana salva

Solo 24 horas de aviso pueden reducir daños en un 30%.

Innovación tecnológica para la prevención

La creciente frecuencia e intensidad de eventos naturales como terremotos, huracanes, inundaciones y olas de calor, ha impulsado el desarrollo de tecnologías avanzadas que permiten anticipar riesgos y proteger estructuras físicas. Estas soluciones combinan sensores, inteligencia artificial, modelado predictivo y sistemas de alerta para mejorar la toma de decisiones y reducir pérdidas humanas y materiales.



Impacto global

Estas tecnologías no solo reducen el riesgo de colapso estructural, sino que también mejoran la planificación urbana, optimizan recursos de emergencia y fortalecen la resiliencia comunitaria. Su aplicación es especialmente relevante en regiones propensas a desastres naturales, donde la prevención puede marcar la diferencia entre la recuperación y la devastación.



Sistemas de alerta temprana

Utilizan sensores sísmicos, meteorológicos y oceanográficos para detectar señales de eventos naturales inminentes como terremotos, tsunamis o tormentas severas. Estos sistemas permiten activar protocolos de evacuación y protección estructural con antelación.

Modelado predictivo y simulaciones

Herramientas basadas en inteligencia artificial y big data que analizan patrones históricos y condiciones actuales para prever el comportamiento de fenómenos naturales y su impacto en edificaciones.

Sensores estructurales inteligentes

Dispositivos instalados en puentes, edificios y otras infraestructuras que monitorean vibraciones, presión, humedad y temperatura en tiempo real. Ayudan a detectar debilidades antes de que se conviertan en fallas críticas.

Materiales avanzados y diseño resiliente

Innovaciones en ingeniería civil como concreto autorreparable, estructuras flexibles y materiales resistentes a la corrosión permiten que las construcciones soporten mejor los embates climáticos y sísmicos.

Drones y robótica de inspección

Equipos autónomos que evalúan zonas de difícil acceso antes y después de un evento natural, facilitando diagnósticos rápidos y seguros para la reparación o refuerzo estructural.

Lecciones aprendidas que puedes implementar en tus diseños

El objetivo principal no es que la estructura salga ilesa, sino que no colapse permitiendo la evacuación. Prioriza la ductilidad sobre la resistencia pura. Una columna muy rígida y frágil es un peligro. Una recomendación clave es diseñar por capacidad. Asegúrate de que las rótulas plásticas se formen en las vigas (elementos "débiles") y no en las columnas (elementos "fuertes") ni en las uniones. Columna Fuerte - Viga Débil.



Sismos (Terremotos)

Falla no es colapso

1



Socavación y cimentaciones

El agua corriente puede llevarse el suelo de soporte bajo la cimentación (socavación), exponiendo los cimientos y provocando el colapso. En zonas de riesgo, cimienta a mayor profundidad de lo habitual y considera barreras de protección (enrocados, pilotes de guarda). No te fíes de los niveles freáticos "normales".

Fuerza de flotación y presión hidrostática

El agua ejerce una presión lateral y una fuerza ascendente (flotación) que puede levantar estructuras ligeras (como tanques o sótanos vacíos) o empujar muros de contención hasta hacerlos fallar. Es recomendable anclar firmemente los elementos subterráneos. En sótanos, contempla un sistema de drenaje eficaz y diseña los muros para la presión hidrostática total si el drenaje falla.

2 Inundaciones y humedad

(Riesgo Hídrico)

Socavación y cimentaciones

Aumentar el recubrimiento de hormigón en elementos críticos de acero (vigas y columnas) funciona para retrasar el calentamiento. Utiliza protecciones pasivas (pinturas intumescentes, placas de yeso especializadas) para garantizar el tiempo de resistencia al fuego (TRF) requerido por la normativa local.

Incendios (Fuego) 3



Las fallas estructurales por viento suelen empezar en la envolvente (cubiertas, fachadas, ventanas) y en las conexiones, no en los elementos principales.

Se recomienda detallar las conexiones con extremo cuidado. Asegúrate de que la cubierta esté anclada para resistir la succión (fuerza de levantamiento) que el viento genera. No ahorres en la calidad de los anclajes de fachada.

4 Viento (Huracanes/Ciclones)

Fallas en conexiones y revestimiento

Conclusiones











El diseño estructural para eventos catastróficos ha evolucionado significativamente en respuesta al aumento de fenómenos naturales extremos. Las experiencias recientes han demostrado que la planificación basada en criterios tradicionales ya no es suficiente. Es indispensable incorporar enfoques multidisciplinarios que consideren el comportamiento dinámico de las estructuras frente a amenazas como terremotos, inundaciones, huracanes e incendios forestales.

Una de las principales lecciones aprendidas es que la resiliencia estructural no depende únicamente de materiales resistentes, sino de una comprensión profunda del entorno, la geografía, el clima y la vulnerabilidad social. Las estructuras deben ser capaces de absorber impactos, adaptarse y recuperarse sin comprometer la seguridad humana ni la funcionalidad operativa. Esto requiere integrar tecnologías predictivas, simulaciones avanzadas y normativas actualizadas.

Además, se ha evidenciado que la prevención es más rentable que la reconstrucción. Invertir en diseño estructural inteligente no solo reduce pérdidas económicas, sino que salva vidas y fortalece comunidades. La ética del diseño también juega un papel crucial: construir con conciencia social implica proteger a los más vulnerables y garantizar que las soluciones técnicas respondan a principios de equidad y sostenibilidad.



Recomendaciones

-  Incorporar análisis de riesgo climático y geológico desde la etapa de diseño.
-  Aplicar normas de construcción resiliente adaptadas a cada tipo de amenaza.
-  Utilizar materiales innovadores y sistemas estructurales flexibles.
-  Integrar tecnologías de monitoreo y alerta temprana en infraestructuras críticas.
-  Capacitar a profesionales en diseño para eventos extremos y gestión de riesgos.
-  Promover la participación comunitaria en el diseño de soluciones estructurales.
-  Actualizar periódicamente los códigos de construcción según evidencia científica.
-  Fomentar políticas públicas que incentiven la renovación de estructuras vulnerables.



KINEDRIK

Previously



Fórmate con los mejores

No lo decimos nosotros, lo dice **EL MUNDO**

TOP 5 Ranking Mundial

Másteres internacionales para profesionales del sector AEC
Proceso de admisión abierto ▶ Titulación oficial Universitaria



Cuando tu perfil ya es técnico, lo siguiente es convertirlo en estratégico.
Haz click y decide cómo quieres potenciarlo:

Másteres más demandados

Diseña estructuras seguras ahora

Únete a Open Learning

kinedrik.com



¡Gracias por acompañarnos!

Es tu turno de crear una maravilla
arquitectónica.



KINEDRIX

Upskill tech partner for AEC industry