

# Efectos del sismo del 19 de septiembre de 2017 en los edificios de vivienda multifamiliar de la colonia Los Girasoles II, Coyoacán, CDMX

## *The Effects of the September 19, 2017 Earthquake on Multifamily Housing Units in Los Girasoles II, Coyoacán, Mexico City*

Alicia Susana Ezeta Genis  
Facultad de Arquitectura, UNAM  
susana.ezetagenis@fa.unam.mx

Perla Santa Ana Lozada  
Facultad de Arquitectura, UNAM  
psal@unam.mx

DOSSIER

### Resumen

La colonia Los Girasoles II se localiza al sureste de la alcaldía Coyoacán de la Ciudad de México. Limitada al sur por la Calzada del Hueso y con la alcaldía Tlalpan, al norte con la calle Rancho Vista Hermosa, al poniente con la calzada Miramontes, y al oriente con la calle Rancho del Arco. La ocupación es mayoritariamente de vivienda multifamiliar, distribuida en 36 edificios de cuatro a seis niveles.

En el sismo de 1985, de magnitud Mw8.1, ningún edificio de esta colonia evidenció daños aparentes. Sin embargo, en el sismo de 2017, de magnitud Mw7.1, afectó de manera significativa a ocho de los 36 edificios. El objetivo de esta investigación es identificar las características arquitectónico-estructurales de los inmuebles declarados con riesgo después del evento telúrico de 2017. Con los resultados referidos, se pretende determinar las características de vulnerabilidad de la zona de estudio y extrapolar los resultados a las edificaciones con tipologías análogas en la Ciudad de México, ubicadas en suelos de características similares.

**Palabras clave:** sismo, colonia Girasoles, vivienda, vulnerabilidad, riesgo

### Abstract

*Los Girasoles II, a residential neighborhood in the southeast of Mexico City's Coyoacán borough, is delimited to the south by Calzada del Hueso and the Tlalpan borough, to the north by Calle Rancho Vista Hermosa, to the west by Calzada Miramontes and to the east by Calle Rancho del Arco. Its housing stock primarily consists of 36 multifamily units that are between four and six stories high. In the 8.1 magnitude earthquake in*

Fecha de recepción: 11 de marzo de 2020  
Fecha de aceptación: 22 de mayo de 2020

DOI: 10.22201/fa.2007252Xp.2020.21.76657

1985, none of these buildings was apparently damaged. Nevertheless, the 7.1 magnitude earthquake in 2017 caused significant damage to eight of these 36 buildings. The objective of this article is therefore to identify the architectonic/structural characteristics of the buildings that were declared to be at risk after the 2017 earthquake. The results thus obtained allow us to determine the zone's vulnerabilities, extrapolating them to buildings with analogous typologies elsewhere in Mexico City that are built on soil with similar characteristics. The 1985 earthquake with magnitude Mw8.1 apparently did not affect any of the 36 buildings from the neighborhood, instead the 2017 earthquake with magnitude Mw7.1 affected significantly eight of the 36 buildings. Under the last fact, the aim of this research is to identify the architectural-structural characteristics of the eight buildings affected declared in risk before 2017 earthquake. With the results presented in this article our aim is to determine the vulnerability characteristics of the zone and to extrapolate these results to buildings with analogous typology in Mexico City and buildings located in similar land surfaces.

**Keyword:** earthquake, Girasoles neighborhood, building, vulnerability, risk

## Introducción

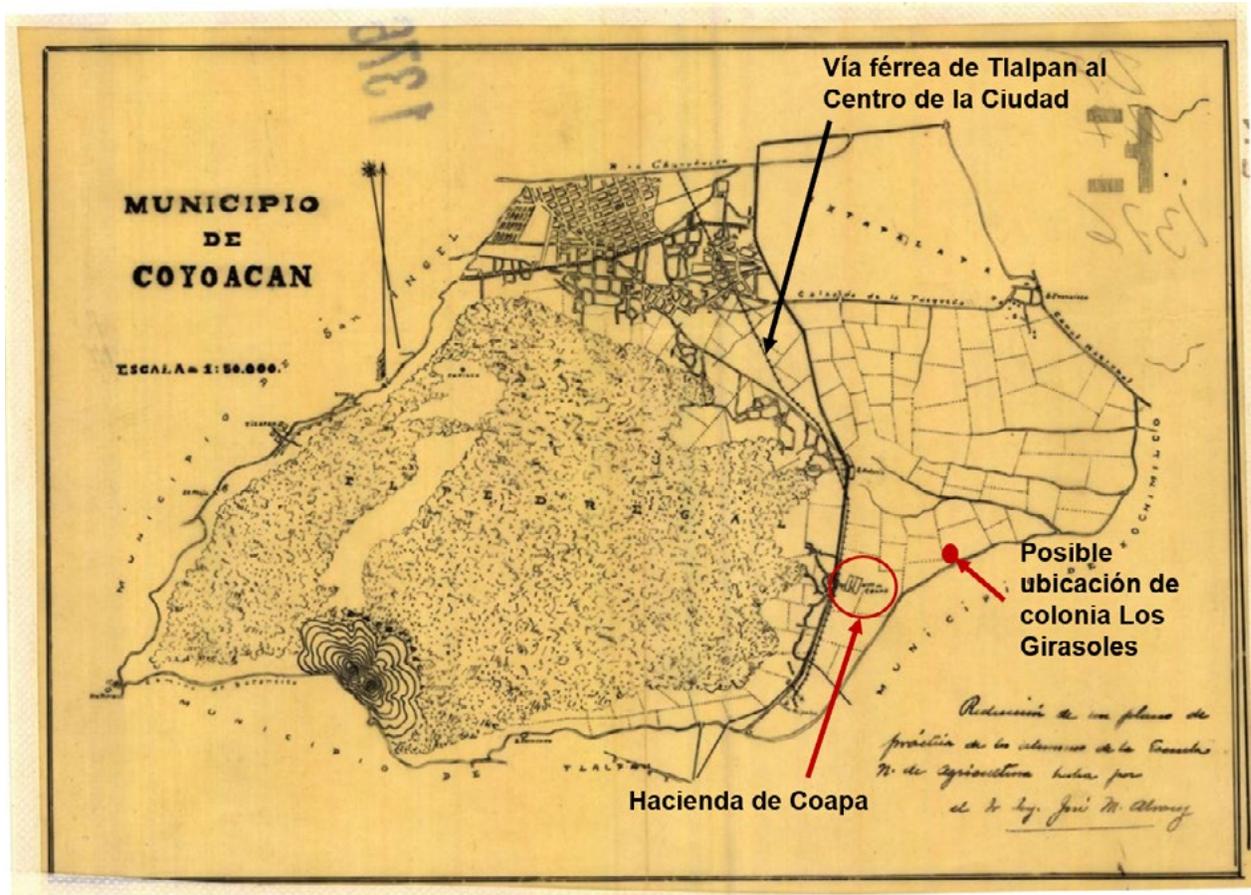
El 19 de septiembre de 1985, la Ciudad de México fue impactada por un terremoto de magnitud Mw8.1 y, exactamente 32 años después –el 19 de septiembre de 2017– por otro de magnitud Mw7.1, ambos en magnitud de momento. En el evento de 2017<sup>1</sup> se colapsaron más de 40 edificios y se afectaron cerca de once mil inmuebles, además de causar daños a la infraestructura básica de distribución de agua, drenaje y energía eléctrica. Lo anterior obligó a realizar la Declaratoria de Desastre la noche del 20 de septiembre para las 16 alcaldías de la capital mexicana.

Dada la cercanía de la Ciudad de México con el epicentro, localizado entre los estados de Puebla y Morelos, a 120 km de distancia de la capital, el sismo ocasionó que una las zonas afectadas fuera el sur de la ciudad. En las alcaldías Xochimilco, Tláhuac, Tlalpan y Coyoacán cientos de inmuebles resultaron afectados, de los cuales los de vivienda unifamiliar y multifamiliar registraron el mayor número; de esta última, destacan inmuebles de tres a seis niveles.

## Ubicación y origen del desarrollo de vivienda en la colonia Los Girasoles, Coyoacán

A principios del siglo xx, la actual alcaldía Coyoacán estaba conformada por dos secciones territoriales, definidas principalmente por su tipo

<sup>1</sup> El sismo del 19 de septiembre de 2017 ocurrió a las 13:14:40; tuvo su epicentro en la latitud 18.40 norte, longitud 98.72 oeste, a una profundidad de 57 kilómetros, a 12 kilómetros al sureste de Axochiapan, Morelos, en el límite con el estado de Puebla. La distancia del epicentro respecto a la Ciudad de México es de 120 kilómetros. Se originó en una falla considerada como "normal", de profundidad intermedia, es decir, un desplazamiento de bloques de tierra en sentido opuesto una de otra, técnicamente de subducción.



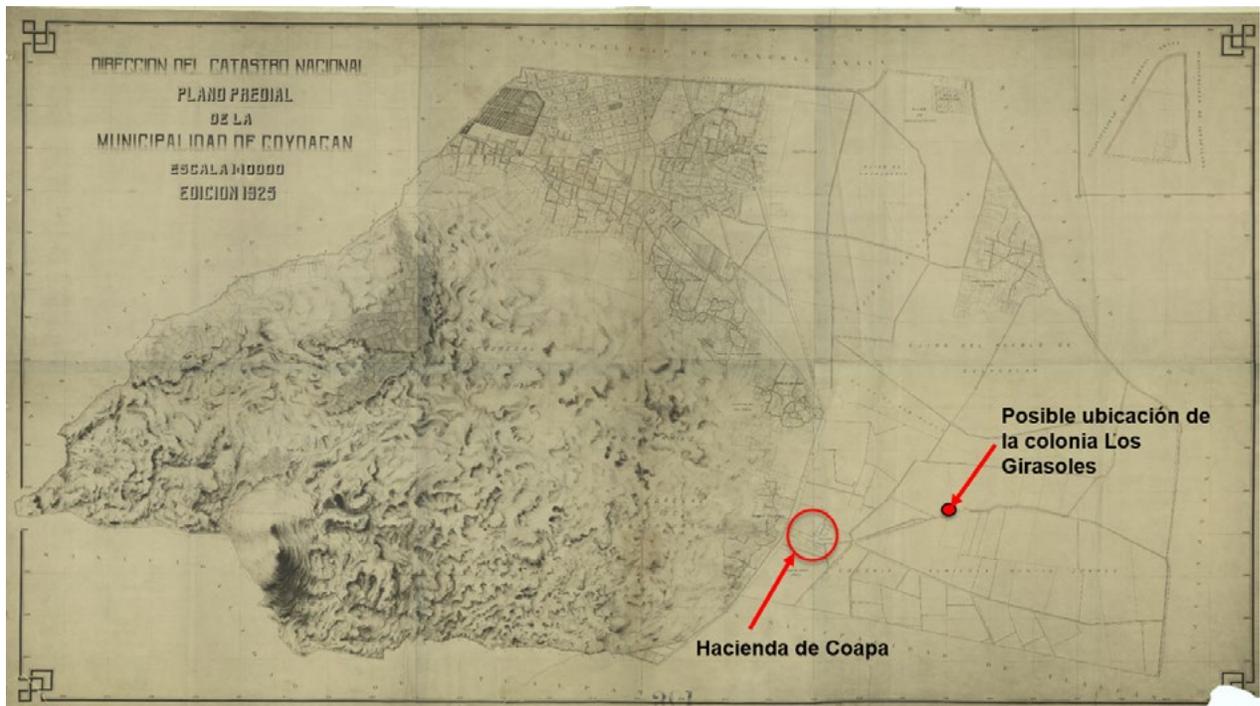
de suelo y las actividades productivas que en ella se desarrollaban. El sector oriental, con un suelo de humedales que llegaba hasta el Canal Nacional, con actividades agrícolas y ganaderas preponderantemente, compartía sus características geológicas con buena parte de la cuenca cerrada de los lagos donde se asienta la mayor parte de la actual Ciudad de México. Y el sector poniente, donde predominaban la zona de los pedregales, producto de la explosión del volcán Xitle siglos atrás, lo que propició un suelo por encima del nivel máximo de los lagos y creó una frontera física natural en la conformación del suelo. Lo anterior permitió que el trazo de las vías férreas del tren del Zócalo al pueblo de Xochimilco fuera sobre terreno que no se anegara, como se aprecia en la imagen del plano topográfico del Municipio de Coyoacán de 1902.

Hacia 1920, se encontraban ya conformadas la Hacienda de San Antonio de Padua, al norte, con una extensión de 1,600 ha y, al sur, la Hacienda Coapa, con 2,166 ha.<sup>2</sup>

Concluido el proceso revolucionario, las haciendas se vieron afectadas por la recién instaurada Reforma Agraria y la creación del ejido y, con ello, la fragmentación de grandes extensiones hacendarias en la

Plano topográfico del municipio de Coyoacán en 1902. Fuente: Mapoteca Manuel Orozco y Berra. Clasificación 1319-CGE-725-A.

2 Rafael Mas Hernández, "Notas sobre la propiedad del suelo y la formación del plano en la Ciudad de México", *Ería: Revista Cuatrimestral de Geografía*, 24-25 (1991): 64. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=34739> [consultada el 10 de enero de 2020].



zona. En 1928, las haciendas de Coapa se fraccionaron en cinco ejidos, y se redujo el valor agrícola y ganadero de las tierras. En 1940, el agua de gran parte de los manantiales de riego que proveían el líquido a la zona pasó a disposición del entonces Distrito Federal, con el objetivo de abastecer del líquido a otras regiones de la ciudad, que en ese momento presentaba un crecimiento urbano acelerado y, con ello, la solicitud de suelo ejidal para levantar vivienda.

De 1940 a 1970, el suelo agrícola estuvo en decadencia, ya que la presión de los cambios en el uso de suelo y el consecuente aumento del valor con la incorporación de infraestructura y equipamiento urbano sobre la propiedad ejidal se concretaron a través de permutas contempladas en el Código Agrario, que presionaba a los ejidatarios a ceder las tierras del entonces Distrito Federal a cambio de otras en otro estado de la República. De esta manera, organismos públicos y privados adquirieron suelo ejidal, que convirtieron en terreno urbano bajo el régimen de pequeña propiedad, lo que posibilitó la venta de parcelas.

El crecimiento acelerado de la población en la Ciudad de México a mediados de los cincuenta del siglo xx demandó reserva territorial, mientras que la zona de la antigua hacienda de Coapa se fue fraccionando e incorporando a la zona urbana de la ciudad. A principios de los sesenta, se instalaron fábricas de textiles, refresqueras, laboratorios y algunas pequeñas industrias que propiciaron el desarrollo habitacional y la infraestructura de equipamiento urbano. Con el proyecto de los Juegos Olímpicos en México (1968), se construyó el primer conjunto habitacional a gran escala en esa zona de la alcaldía Tlalpan, en la colonia Villa Coapa: la Unidad Habitacional "Narciso Mendoza". En la alcaldía Coyoacán, en los setenta se construyeron dos grandes unidades

Plano predial del municipio de Coyoacán en 1925. Fuente: Mapoteca Manuel Orozco y Berra. Clasificación CGF.DF.M5.V1.0095

habitacionales: la Alianza Popular Revolucionaria (APO) y la CTM Culhuacán. Estos tres conjuntos habitacionales, junto con la Escuela Nacional Preparatoria núm. 5 “José Vasconcelos” y la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, propiciaron el incremento de la densidad poblacional, la construcción de vialidades y de grandes complejos comerciales en la zona, como sucede hasta la fecha.

### Origen y ubicación de la colonia Los Girasoles II

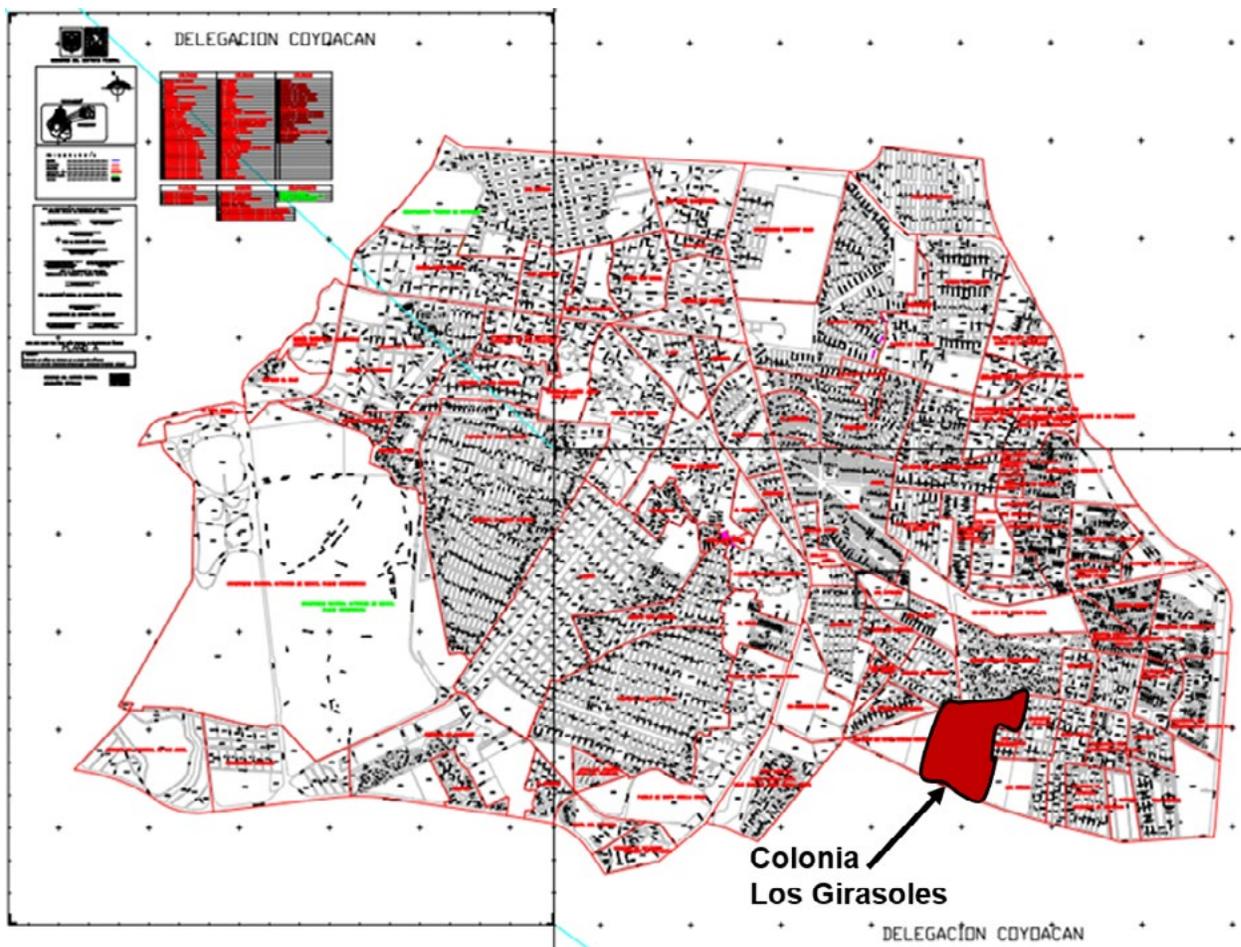
La colonia Los Girasoles se ubica al suroriente de la alcaldía de Coyoacán en la Ciudad de México. Los datos utilizados para definir su fundación son las placas de Control y Uso de Ocupación de Inmuebles que el entonces Departamento del Distrito Federal colocó en los accesos de los edificios de vivienda multifamiliar. Entre los datos, se encuentra el relativo a la licencia de construcción que tiene fechas de 1979 a 1982. Con ello se puede suponer que los predios fueron adquiridos uno o dos años antes, entre 1977 y 1978.

El Programa Parcial de Desarrollo Urbano de la Delegación Coyoacán de 1995 señala un proceso de urbanización en las inmediaciones de la colonia citada, cuando en el punto 1.1.3, relativo a los antecedentes históricos, refiere que “[...] entre 1970 y 1980 la expansión de esta demarcación se concentró hacia el oriente, en la colindancia con el Canal Nacional [...] Colonias como Alianza Popular Revolucionaria y las primeras tres secciones de CTM Culhuacán surgieron en esta etapa”. Aunque no se menciona

Fotografía aérea de la avenida Canal de Miramontes en el cruce con Calzada del Hueso en 1979.

Fuente: Colección Villasana-Torres.



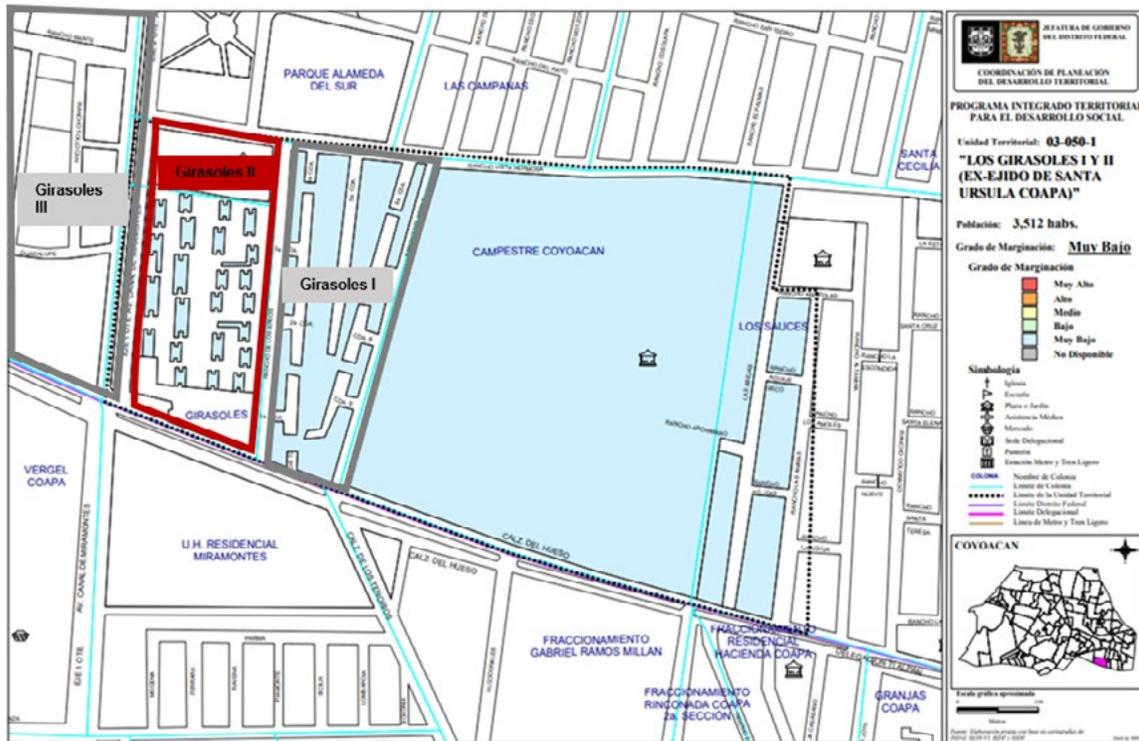


a la colonia Los Girasoles, las colonias antes señaladas están separadas de esta por la que hoy se conoce como Calzada de las Bombas.

En el portal de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI) del Gobierno de la Ciudad de México se encuentran los Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano y los planos de colonias de las 16 alcaldías. El plano de las colonias de la entonces delegación Coyoacán, que se elaboró en enero de 2005, identifica cuatro pueblos, nueve barrios y 82 colonias; a la colonia Los Girasoles se le asignó el número 52. Por su parte, en el Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de la Delegación Coyoacán, publicado en la *Gaceta Oficial del Distrito Federal* el 10 de agosto de 2010, se enlistan 95 colonias, barrios y pueblos dentro de la demarcación; la colonia Los Girasoles ocupa el número 48.

Dentro del mismo Programa Delegacional, el punto 1.2.12, relativo a riesgo y vulnerabilidad, se menciona que existe suelo arcilloso al oriente, en el sector de Culhuacán y Coapa. Debido a las características del terreno, se registran hundimientos en las inmediaciones de la zona donde se construyeron grandes conjuntos habitacionales; asimismo, la intensa extracción de agua de los mantos freáticos ha propiciado hundimientos diferenciales. Además, “[...] entre los aspectos de riesgo no debe olvidarse que una parte importante del sector central, nororiental y

Mapa de la entonces Delegación –hoy Alcaldía– Coyoacán, elaborado en enero de 2005. Fuente: portal de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI).



sur-poniente de Coyoacán se encuentra en una zona clasificada como de alta sismicidad”. En la zona sur-poniente de esta demarcación, se localiza la colonia Los Girasoles.

Por otro lado, en el Sistema de Información del Desarrollo Social (SIDESO) del Gobierno de la Ciudad de México, se presenta el Programa Integrado Territorial para el Desarrollo Social 2001-2003A y el listado de Unidades Territoriales de la Delegación Coyoacán. En este documento, se señalan las Unidades Territoriales (UT) por colonia; ahí, aparecen separadas la sección I, II y III de Los Girasoles.

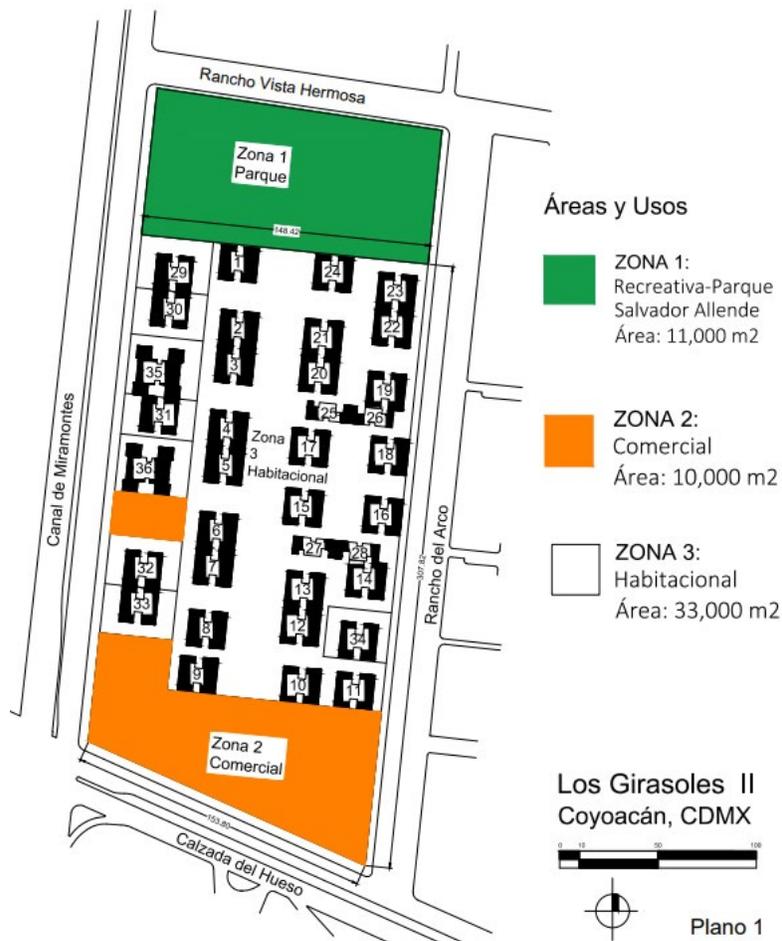
A Los Girasoles I y II se les asignó una misma unidad territorial, la UT-03-050-1, y a Los Girasoles III, la UT-03-038-1. Los datos más recientes se obtuvieron del portal de Datos Abiertos de la Ciudad de México del Gobierno de la Ciudad de México 2018.

### Zonificación de la Colonia los Girasoles II

La colonia Los Girasoles II limita al norte con la calle Rancho Vista Hermosa, al sur con la Calzada del Hueso, al oriente con la calle Rancho del Arco y al poniente con el Canal de Miramontes. Ocupa una superficie aproximada de 54 mil metros cuadrados.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Las superficies mencionadas en este documento son aproximadas, ya que no se podía acceder a los predios para poder realizar un levantamiento topográfico preciso. En su lugar, se solicitó el apoyo del Mtro. Alejandro Marambio Castillo, quien, mediante un modelo fotogramétrico con dron, generó un modelo digital del terreno y, a partir del ortomosaico, se pudieron extraer las dimensiones aproximadas. El vuelo con dron se realizó el 17 de julio de 2018.

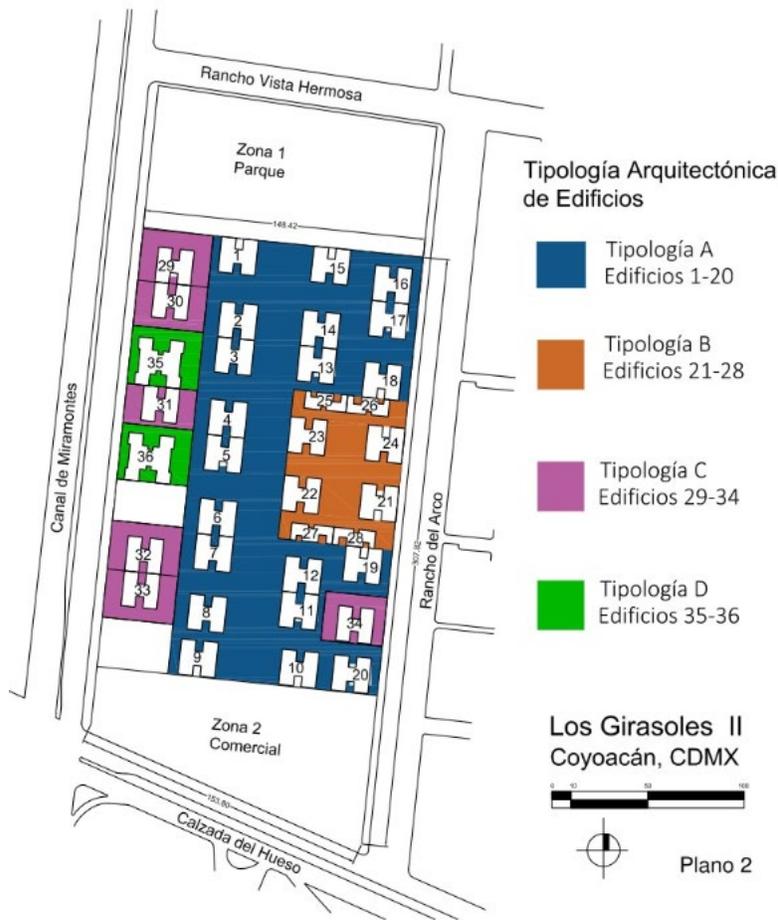
Plano de Unidades Territoriales de la Delegación Coyoacán. Fuente: Sistema de Información del Desarrollo Social. Programa Integrado Territorial para el Desarrollo Social 2001-2003<sup>a</sup>. Listado de Unidades Territoriales. Delegación Coyoacán.



Ubicación de las zonas en la colonia Los Girasoles II. Elaboración: Susana Ezeta.

La colonia se divide en tres zonas: en la Zona 1 se encuentra el Parque Salvador Allende, sobre una superficie aproximada de 11 mil metros cuadrados, y representa el 20% del área ocupada. La Zona 2 está destinada al comercio, con una superficie aproximada de 10 mil metros cuadrados y representa el 19%. Finalmente, la Zona 3 es de uso habitacional, donde se asientan los 36 edificios de vivienda multifamiliar, en una superficie de 33 mil metros cuadrados, con un porcentaje de ocupación del 61%.

El interés de esta investigación se dirige a la Zona 3 (habitacional), donde se encuentran los edificios de vivienda multifamiliar, de los cuales siete resultaron dañados y uno colapsó durante el sismo del 19 de septiembre de 2017. Cabe mencionar que todos los inmuebles se edificaron entre los años de 1979 y 1982, bajo el Reglamento de Construcciones del entonces Distrito Federal de 1976, y enfrentaron el sismo de 1985 sin mostrar daños aparentes.



Tipologías arquitectónicas de los edificios de vivienda multifamiliar.  
Elaboración: Susana Ezeta.

### Tipologías arquitectónicas de los edificios de vivienda multifamiliar en la colonia Los Girasoles II

Se identifican cuatro tipologías arquitectónicas en los edificios de vivienda, en las que se consideró el año de construcción, el número de niveles y de departamentos, la configuración geométrica en planta y alzado, y el sistema constructivo-estructural.

En total, 28 inmuebles son de tipología A y B, de los cuales 20 edificios tienen 20 departamentos cada uno; cuatro tienen 16 departamentos cada uno; y los restantes cuatro, ocho cada uno. En total son 464 departamentos, que representan el 72% de la zona habitacional. Ninguno de estos edificios mostró daño aparente ocasionado por el sismo del 19 de septiembre del 2017. En las tablas 1, 2, 3 y 4, se muestran las características de cada tipología.

De la tipología C son seis edificios, con 24 departamentos cada uno, y de la tipología D son dos edificios, con el mismo número de viviendas. Ambas tipologías suman 192 departamentos de un total de 688, lo que significa el 28% de los departamentos. Ambas tipologías (C y D) fueron las que mostraron daños aparentes después del sismo del 19 de septiembre del 2017.

TIPOLOGÍA A ( Edificios 1 -24 )	<p>LOCALIZACIÓN: Rancho del Arco</p> 	<p>AÑO DE CONSTRUCCIÓN: 1979</p> <p>ÁREA DE DEPARTAMENTO: 80.00 m<sup>2</sup></p> <p>No. DEPARTAMENTOS / EDIFICIO: 16 y 20</p> <p>NO. DE LOSAS: 4 y 5</p>
	<p>GEOMETRÍA EN PLANTA: 19.50m x 18.75m</p> 	<p>ALTURA DE ENTREPISO: 2.30 m</p> <p>NO. DE EDIFICIOS: 4 y 20</p>
	<p>GEOMETRÍA EN ALZADO: 19.50m x 13.00m</p> 	<p><b>SISTEMA ESTRUCTURAL</b></p> <p>Cajón de cimentación de concreto con muros de carga confinados con castillos y cadenas y losas macizas de concreto.</p> <p>Total de habitantes (h) / tipología (t) = 4 edificios x 16 deptos x 3 h = <b>192 h/t</b></p> <p>Total de habitantes (h) / tipología (t) = 20 edificios x 20 deptos x 3 h = <b>1,200 h/t</b></p>

Tabla 1. Tipología A.

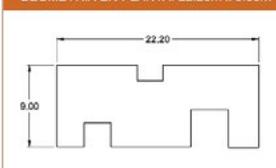
TIPOLOGÍA B ( Edificios 25 - 28 )	<p>LOCALIZACIÓN: Rancho del Arco</p> 	<p>AÑO DE CONSTRUCCIÓN: 1979</p> <p>ÁREA DE DEPARTAMENTO: 78.00 m<sup>2</sup></p> <p>No. DEPARTAMENTOS / EDIFICIO: 8</p> <p>NO. DE LOSAS: 4</p>
	<p>GEOMETRÍA EN PLANTA: 22.20m x 9.00m</p> 	<p>ALTURA DE ENTREPISO: 2.30 m</p> <p>NO. DE EDIFICIOS: 4</p>
	<p>GEOMETRÍA EN ALZADO: 22.20m x 10.50m</p> 	<p><b>SISTEMA ESTRUCTURAL</b></p> <p>Cajón de cimentación de concreto con muros de carga confinados con castillos y cadenas y losas macizas de concreto.</p> <p>Total de habitantes (h) / tipología (t) = 4 edificios x 8 deptos x 3 h = <b>96 h/t</b></p>

Tabla 2. Tipología B.

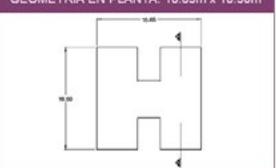
TIPOLOGÍA C ( Edificios 29 - 34 )	<p>LOCALIZACIÓN: 5 edificios en Canal de Miramontes y 1 edificio en Rancho del Arco.</p> 	<p>AÑO DE CONSTRUCCIÓN: 1980</p> <p>ÁREA DE DEPARTAMENTO: 68.00 m<sup>2</sup></p> <p>No. DEPARTAMENTOS / EDIFICIO: 24</p> <p>NO. DE LOSAS: 6</p>
	<p>GEOMETRÍA EN PLANTA: 18.85m x 18.50m</p> 	<p>ALTURA DE ENTREPISO: 2.20 m</p> <p>NO. DE EDIFICIOS: 6</p>
	<p>GEOMETRÍA EN ALZADO: 18.50m x 15.40m</p> 	<p><b>SISTEMA ESTRUCTURAL</b></p> <p>Cajón de cimentación de concreto con losa de fondo de cascarones invertidos, muros de carga confinados con cadenas y castillos y losa maciza.</p> <p>Total de habitantes (h) / tipología (t) = 6 edificios x 24 deptos x 3 h = <b>432 h/t</b></p>

Tabla 3. Tipología C.

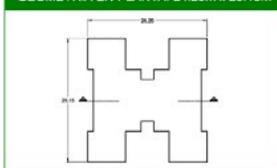
TIPOLOGÍA D ( Edificios 35 - 36 )	<p>LOCALIZACIÓN: Canal de Miramontes.</p> 	<p>AÑO DE CONSTRUCCIÓN: 1979</p> <p>ÁREA DE DEPARTAMENTO: 105 m<sup>2</sup></p> <p>No. DEPARTAMENTOS / EDIFICIO: 24</p> <p>NO. DE LOSAS: 7</p>
	<p>GEOMETRÍA EN PLANTA: 24.25m x 25.15m</p> 	<p>ALTURA DE ENTREPISO: 2.30 m</p> <p>NO. DE EDIFICIOS: 2</p>
	<p>GEOMETRÍA EN ALZADO: 24.25 x 18.50m</p> 	<p><b>SISTEMA ESTRUCTURAL</b></p> <p>Cajón de cimentación de concreto armado con losa de fondo de cascarones invertidos. Marcos rígidos de concreto y muros divisorios de block hueco de cemento-arena. Losa reticular de concreto.</p> <p>Total de habitantes (h) / tipología (t) = 2 edificios x 24 deptos x 3 h = <b>144 h/t</b></p>

Tabla 4. Tipología D.

Los 36 edificios de vivienda multifamiliar se construyeron entre 1979 y 1982, por lo que atendieron al Reglamento de Construcciones para el entonces Distrito Federal de 1976. De ellos, 34 edificios tienen un sistema de cimentación a base de cajón de concreto, con una profundidad promedio de 2.5 m y un sistema estructural de muros de carga de tabique cerámico hueco y macizo de barro, todos confinados con castillos y cadenas. Las losas de entrepiso y azotea son macizas de concreto y el número de niveles se encuentra entre tres y seis.

Los dos edificios de seis niveles (tipología c) tienen un sistema de cimentación a base de cajón de concreto con una profundidad promedio de tres metros y un sistema estructural de marcos rígidos de concreto con planta baja débil –que se utiliza como estacionamiento– y muros de relleno de block hueco de cemento-arena; el sistema de losa de entrepiso y azotea es reticular de concreto.

En todos los inmuebles se observa una configuración geométrica simétrica y regular, tanto en planta como en alzado. Constan de dos cuerpos en forma de “H”, ligados en el centro por las comunicaciones verticales, escaleras y elevadores. En los vacíos de la “H” se encuentran dos cubos de luz laterales. Las alturas, hasta lecho superior de la losa de azotea, son de 10.5 m para los de tres niveles; 13 m, para los de cuatro; 15.5 m, para los de cinco; y 18.5 m, para los de seis niveles.

En síntesis, en la colonia Los Girasoles II existen 688 viviendas distribuidas en 36 de edificios multifamiliares. Si se consideran tres habitantes por departamento, se obtiene una población total cercana a los 1,872 habitantes, de los cuales alrededor de 580 tuvieron que abandonar su vivienda posterior al sismo del 19 de septiembre de 2017.

### **Edificios de vivienda multifamiliar en la colonia Los Girasoles II afectados por el sismo del 19 de septiembre de 2017**

El 19 de septiembre de 2017 (19s), resultaron afectados ocho edificios de vivienda multifamiliar en la colonia Los Girasoles II. Uno de ellos colapsó (Rancho del Arco núm. 32) y siete edificios ubicados sobre canal de Miramontes fueron desalojados por las autoridades de Protección Civil de la Alcaldía Coyoacán. A partir de los hechos ocurridos, el Gobierno de la Ciudad de México emitió diversas disposiciones jurídicas para atender la emergencia derivada del 19s. El 20 de septiembre, la Secretaría de la Jefatura de Gobierno de la Ciudad de México emitió una declaratoria de emergencia, y el día 21, de desastre, con motivo del fenómeno sísmico ocurrido el 19 de septiembre de 2017. Ese mismo día –21 de septiembre–, la Secretaría de Marina acordonó la zona de Miramontes e impidió el acceso a los siete edificios desalojados hasta que fueran evaluados por las autoridades competentes. En el edificio de Rancho del Arco núm. 32 se iniciaron los trabajos de remoción de escombros, producto del derrumbe, los cuales concluyeron el 23 de septiembre.

El 26 de septiembre del 2017 se creó el Órgano de Apoyo Administrativo a las Actividades del Jefe de Gobierno denominado Comisión para la Reconstrucción, Recuperación y Transformación de la Ciudad de México en una urbe cada vez más resiliente. El 29 de septiembre del 2017, la SEDUVI estableció la obligatoriedad de otorgar apoyo a la



Estado de los edificios posterior al sismo del 19 de septiembre de 2017.  
Elaboración: Susana Ezeta.

Resultado de la evaluación de los edificios en la colonia Los Girasoles II, posterior al sismo del 19 de septiembre de 2017					
No.	Ubicación	Cordenadas	Tipo riesgo	Acción	Díctamen - riesgo
29	Canal de Miramontes 2990	19,306-99, 124	Riesgo medio	Rehabilitación	ISCDF-DG-2017-1297
30	Canal de Miramontes 2998	19,305-99,124	Riesgo medio	Rehabilitación	ISCDF-DG-2018-1600
35	Canal de Miramontes 3004	19,306-99,126	Riesgo alto	Rehabilitación	ISCDF-DG-2018-1560
31	Canal de Miramontes 3010	19,306-99,124	Alto riesgo de colapso	Reconstrucción	ISCDF-DG-2018-1600
36	Canal de Miramontes 3020	19,306-99,124	Riesgo alto	Rehabilitación	ISCDF-DG-2018-1474
32	Canal de Miramontes 3020	19,305-99,124	Riesgo alto	Rehabilitación	ISCDF-DG-2017-1559
33	Canal de Miramontes 3040	19,305-99,124	Riesgo alto	Rehabilitación	ISCDF-DG-2017-1507
34	Rancho del Arco 32	19,304-99,123	Alto riesgo de colapso	Reconstrucción	ISCDF-DG-2017-1417

Evaluación de los edificios. Tabla elaborada con datos obtenidos del Portal de Datos de la Ciudad de México. Reconstrucción de multifamiliares, CDMX, 2018.



Evaluación de riesgo de los edificios posterior al sismo del 19 de septiembre de 2017. Elaboración: Susana Ezeta.

población en general por parte de los Directores Responsables de Obra (DRO) y Corresponsables en Seguridad Estructural (CSE) para la emisión de los dictámenes de su competencia.

El 9 de octubre de 2017, el Instituto para la Seguridad de las Construcciones del Distrito Federal (ISCDF) emitió los dictámenes de los inmuebles de acuerdo con el tipo de riesgo, que clasificaron a las estructuras de riesgo medio, riesgo alto y alto riesgo de colapso.

El 1° de diciembre de 2017 se publicó en la *Gaceta Oficial de la Ciudad de México* la Ley para la Reconstrucción, Recuperación y Transformación de la Ciudad de México en una cada vez más resiliente.<sup>4</sup>

El 4 de abril de 2018, el entonces jefe de Gobierno instruyó al titular de la Comisión para la Reconstrucción, Recuperación y Transformación de la Ciudad de México en una ciudad cada vez más resiliente, a emitir los lineamientos y tabulador de pagos de proyectos de rehabilitación<sup>5</sup>

4 CDMX, 6° Informe de Gobierno, Comisión para la Reconstrucción, Recuperación y Transformación de la Ciudad de México, en una cdmx cada vez más resiliente (México, 2018), 3. Disponible en: [http://gaceta.diputados.gob.mx/Gaceta/64/2018/dic/CDMX\\_reconstruc-20181211.pdf](http://gaceta.diputados.gob.mx/Gaceta/64/2018/dic/CDMX_reconstruc-20181211.pdf) [consultada 20 enero de 2020].

5 El Artículo 20 de la Ley para la Reconstrucción, Recuperación y Transformación de la Ciudad de México en una cada vez más resiliente, define "rehabilitación" al "Conjunto de acciones que contribuyen a la reparación de inmuebles afectados por una emergencia o desastre".

y reconstrucción<sup>6</sup> para inmuebles afectados por el fenómeno sísmico del 19s. Al efecto, la Comisión publicó el 20 de abril de 2018 los lineamientos respectivos, los cuales fueron reformados mediante publicación en la *Gaceta Oficial de la Ciudad de México*, el 19 de julio de 2018. La Empresa DIRAC Ingenieros Consultores fue la responsable de realizar los proyectos estructurales de rehabilitación sísmica de los siguientes edificios: Miramontes núms. 2990, 2998, 3020 y 3040. Los proyectos se entregaron en diciembre de 2018.

El 7 de junio de 2018, se creó el Fideicomiso para la Reconstrucción y Rehabilitación de viviendas de Uso Habitacional. El 18 de junio, se publicó en la *Gaceta Oficial de la Ciudad de México* el “Registro de Manifestación de Reconstrucción, Prórroga del Registro y Aviso de Terminación de Obra; para la Reconstrucción de Vivienda Multifamiliar Sujeta al Régimen de Propiedad en Condominio o Copropiedad, por Motivo del Sismo del 19 de septiembre de 2017”, así como su formato de solicitud, que presentó el Órgano Político Administrativo de Coyoacán.<sup>7</sup>

Para que las personas afectadas por el sismo del 19s pudieran acceder a los programas, beneficios y estímulos, el Gobierno de la Ciudad de México estableció la herramienta tecnológica denominada Plataforma CDMX. La Comisión para la Reconstrucción, Recuperación y Transformación de la Ciudad de México fue la responsable de consolidar y coordinar la información de las personas, viviendas, inmuebles, espacios públicos y patrimonio cultural e histórico afectados por el sismo.

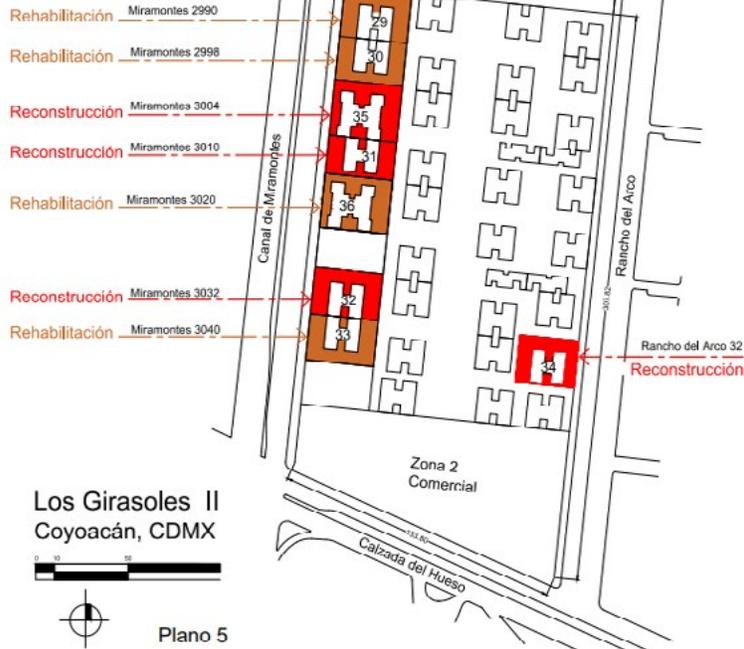
Con los proyectos estructurales de rehabilitación sísmica, avalados por el ISCDF, se integraron en la Plataforma CDMX los expedientes de reconstrucción de cuatro edificios: Miramontes núms. 2990, 2998, 3020 y 3040. Dichos inmuebles accedieron al Programa de Reforzamiento / Rehabilitación con recursos del Gobierno de la Ciudad para personas afectadas con nivel de vida medio o bajo, de conformidad con el artículo 30 de la mencionada ley.

La Comisión para la Reconstrucción, Recuperación y Transformación de la Ciudad de México asignó a las empresas constructoras y supervisoras, así como a los DRO y CSE para realizar los trabajos de rehabilitación, los cuales iniciaron el 7 de mayo de 2019. Los edificios de Miramontes núms. 3004, 3010 y 3032, y Rancho del Arco núm. 32 se demolieron; la Fundación Slim es la responsable de los trabajos de reconstrucción. Las actividades iniciaron en septiembre de 2019.

- 6 El Artículo 20 de la Ley para la Reconstrucción, Recuperación y Transformación de la Ciudad de México en una cada vez más resiliente, define “reconstrucción” como: “En términos de la ley del sistema de protección civil del Distrito Federal, se considera como la acción transitoria orientada a alcanzar el entorno de normalidad social y económica que prevalecía entre la población antes de sufrir los efectos producidos por un agente perturbador en un determinado espacio o jurisdicción”.
- 7 CDMX, 6º Informe de Gobierno, Comisión para la Reconstrucción, Recuperación y Transformación de la Ciudad de México, en una cdmx cada vez más resiliente: 16. Disponible en: [http://gaceta.diputados.gob.mx/Gaceta/64/2018/dic/CDMX\\_reconstruc-20181211.pdf](http://gaceta.diputados.gob.mx/Gaceta/64/2018/dic/CDMX_reconstruc-20181211.pdf) [consultada el 20 enero de 2020].

**RESULTADO DE EVALUACIÓN**

**Edificios multifamiliares de vivienda a 18 meses después del sismo del 19 septiembre 2017**



Identifican los edificios que, de acuerdo con la evaluación de riesgo, accedieron a la rehabilitación y reconstrucción.  
Elaboración: Susana Ezeta.

Al programa de Rehabilitación se asignaron dos edificios de riesgo medio (Miramontes núms. 2990 y 2998) y dos de riesgo alto (Miramontes núms. 3020 y 3040). Además, a dicho programa le correspondieron dos edificios de riesgo alto (Miramontes núms. 3004 y 3032) así como a los dos de alto riesgo de colapso (Miramontes 3010 y Rancho del Arco 32).

**Características geotécnicas del terreno de la colonia Los Girasoles II**

La colonia Los Girasoles II se encuentra en una zona de transición tipo II; se caracteriza por tener depósitos a 20 m de profundidad o menos. El terreno está constituido predominante por estratos limoarenosos intercalados con capa de arcilla lacustre. Este tipo de suelo modifica su estratigrafía con el tiempo, por lo que genera asentamientos diferenciales y desplomes en las construcciones. El contenido de agua que presenta este terreno es de 50% a 75% a los 2.5 m de profundidad, mientras que a mayor profundidad el suelo se encuentra saturado con un contenido de agua al 100%.

En la zona donde se ubican los edificios de vivienda multifamiliar se registra un hundimiento regional medio anual del orden de dos centímetros, de acuerdo con las mediciones anuales publicadas en 2012 en la *Gaceta Oficial del Distrito Federal*. El nivel freático se detectó a 1.7 m de profundidad.

A partir de los estudios geotécnicos realizados por la empresa Ingenieros Especialistas en Cimentaciones s.c., en diciembre de 2018 se desprendieron los siguientes estratos: desde el nivel cero hasta 2.8 m de profundidad, se visualizó material de relleno con consistencia firme, conformado por arcilla poco arenosa con fragmentos de tabique, material orgánico y raíces. A partir entre 2.8 m y cuatro metros se encontraron estratos de arcilla poco arenosa de consistencia muy blanda con arena fina a gruesa arcillosa. Hasta los 10 m de profundidad se encontró arcilla de alta plasticidad, apoyada sobre arena fina poco limosa compacta. De 18.4 m a 20.4 m existen estratos de limo poco arenosos de consistencia media y arena fina a gruesa con compactación media. Desde los 20.4 m hasta los 33 m, el suelo presenta una consistencia media a dura, formada por estratos limosos o limo arcillo de alta plasticidad.

En conclusión, el terreno de la colonia Los Girasoles II está conformado por un suelo blando, de alta compresibilidad, la cual varía de acuerdo con el nivel freático, con la posibilidad de modificar su comportamiento conforme cambien sus condiciones de humedad, lo que provoca hundimientos diferenciales constantes que se incrementan ante acciones sísmicas.

### **Cargas vivas, muertas y accidentales en los edificios de vivienda con tipologías C y D**

Como se mencionó, los edificios de vivienda multifamiliar se establecieron en cuatro tipologías arquitectónicas: A, B, C y D; derivado de ello, se realizó el diagnóstico de las tipologías C y D relativas a los ocho inmuebles evaluados con riesgo medio, riesgo alto y alto riesgo de colapso. Es importante recordar que los edificios de vivienda se realizaron con la normatividad de 1976, en la cual las fuerzas de diseño por sismo eran diferentes a las de 2004 y a las actuales, de 2017.

En el caso de las cargas vivas, el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF) de 2004 establecía que, para vivienda, el valor era de 170 kg/m<sup>2</sup>, mientras que en el RCDF de 2017 es de 190 kg/m<sup>2</sup>. Para el diseño de la azotea, los valores de carga viva no se modificaron, es decir, quedaron igual a 100 kg/m<sup>2</sup>, por contar con una pendiente menor al 5%.

La carga viva accidental no modificó su valor a lo largo de las distintas normas. Al tomar en cuenta lo anterior, el valor de cargas de diseño final no se vio afectada, es decir, son las mismas. El valor del coeficiente sísmico que correspondía a esta zona en el RCDF de 1976 era igual a 0.2 g (fuerza de gravedad); para el caso de las edificaciones de hasta seis niveles, se permitía emplear el método de diseño simplificado para este tipo de estructuras, por ello, el coeficiente sísmico disminuía igual a 0.13 g.

Para el RCDF de 2004, el valor de coeficiente sísmico para la zona II era igual a 0.32 g, mientras que, para estructuras a base de muro de carga, el método simplificado permitía emplear un valor igual a 0.23 g. En el caso del RCDF de 2017, desaparece el método simplificado y los valores de aceleración para esta zona corresponden a 0.4 g aproximadamente.

Al comparar estos valores, puede verse que la fuerza sísmica de diseño fue menor del orden de la mitad con respecto a la considerada actualmente.

## Comportamiento sísmico de los edificios con tipología c y d durante el sismo del 19 de septiembre de 2017

Edificios de vivienda con tipología c (Miramontes núms. 2990, 2998, 3010, 3032, 3040 y Rancho del Arco núm. 32)

Existen seis edificios de vivienda multifamiliar que comparten la tipología c y tienen seis niveles. El sistema de cimentación es mediante un cajón de concreto armado con una losa de fondo a base de cascarones invertidos del mismo material. Los edificios presentaron distintos niveles de desplome, ya que las celdas del cajón tenían agua en su interior con un tirante promedio de 1.7 m de altura.

El sistema estructural de estas edificaciones es a base de muro de carga, formados por cerámicos de barro huecos con castillos tanto aparentes como colados al interior de los muros; se tenían cerramientos de aproximadamente 15 x 15 cm, confinando los tableros. El proceso constructivo de los edificios mostró deficiencias, ya que en el armado de los cerramientos y castillos presentaba una separación de estribos mayor a 20 cm; además, el colado interior de los muros no era continuo, se interrumpía en grandes zonas o, en su defecto, no abarcaba todo el hueco interior del bloque. Los castillos que se encontraban al exterior ni estaban ligados con los cerramientos adecuadamente, por lo que existían zonas sin continuidad.



Daño en los edificios de tipología c. Elaboración: Susana Ezeta.

De acuerdo con la respuesta del edificio ante el sismo de Mw7.1, el mayor cortante basal se registró en la planta baja y el primer nivel, donde se identificaron grietas por cortante en los muros de mampostería, sobre todo en el sentido donde se tenía menor rigidez, es decir, menor número de muros largos. También se identificó golpeteo entre los edificios, lo que evidenció el hundimiento diferencial entre ellos, al desaparecer la verticalidad de la junta constructiva.

#### Edificios de vivienda con tipología D

Solo dos edificios de vivienda comparten la tipología D, con siete niveles cada uno. Estas edificaciones se encuentran estructuradas a base de marcos rígidos de concreto en ambas direcciones. Los muros de mampostería perimetrales e interiores eran muros divisorios; sin embargo, se encontraban ligados a la estructura, por lo que también participaron tomando parte de fuerza sísmica.

Los claros que presenta el sistema de losa son de 8 m x 6 m, y es considerable con respecto a la sección de las columnas de 0.3 m x 0.6 m. Eso provocó que tuviera un comportamiento flexible y un daño en el 95% de los muros divisorios. La mayor fuerza cortante fue registrada en los tres primeros niveles y los muros de concreto existentes desde la planta baja; algunas columnas de esos niveles sufrieron daño al desconcharse los elementos, lo que permitió el pandeo del acero de refuerzo debido a que los estribos se encontraban muy espaciados entre ellos. Las deformaciones sufridas por esta edificación fueron importantes, lo que produjo que chocara con la edificación vecina, de menor altura; ante los diferentes modos de vibración de cada edificio, se generó un daño mayor en el nivel de coincidencia.



Daño interior en los edificios de tipología D. Elaboración: Susana Ezeta.



Daño exterior en los edificios de tipología D. Elaboración: Susana Ezeta.

## Conclusiones

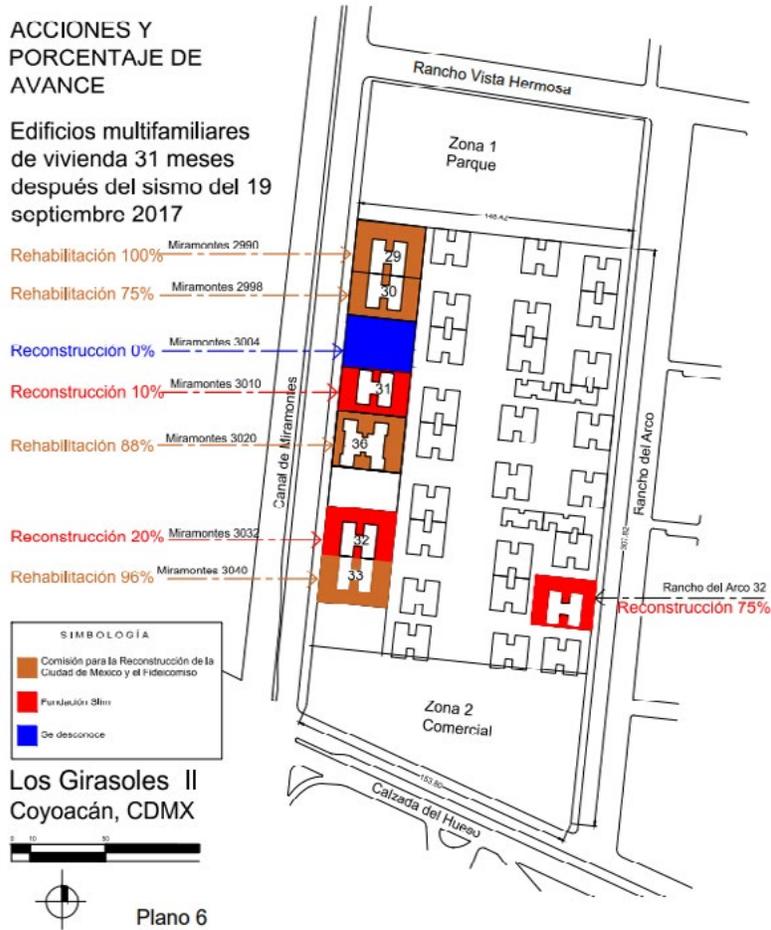
México tiene una gran actividad sísmica debido a que se encuentra rodeado por cinco placas tectónicas, que constantemente presentan actividad en el océano pacífico. La Ciudad de México es una zona de alta sismicidad y en algunos sectores, por sus características de suelo, aumenta los riesgos ante ese tipo de eventos, como la zona presentada en este estudio.

La Ciudad de México tiene clasificadas zonas de riesgo y en ellas se encuentran asentadas un gran número de viviendas multifamiliares que comparten la misma tipología arquitectónica, constructiva, estructural, antigüedad y reglamentación aplicada a las expuestas en este documento. El grado de vulnerabilidad de esas edificaciones aumenta si se identifica una mala calidad de los materiales empleados, una inadecuada técnica y sistema constructivo y el no aplicar satisfactoriamente los reglamentos y normas de construcción vigentes, aunado a una falta de mantenimiento y los cambios de uso o las adecuaciones que realizan los propietarios sin consultar a un especialista. Todo eso, junto con la presencia de un sismo con condiciones semejantes a los de 1985 y 2017, establecen un riesgo permanente.

Como se mencionó anteriormente, en Los Girasoles II se evaluaron con riesgo ocho de los 36 edificios. De ellos, cuatro edificios (Miramontes núms. 2990, 2998, 3020 y 3040) se encuentran en proceso de rehabilitación con diferente grado de avance cada uno. Del resto, tres edificios se encuentran en el proceso de reconstrucción (Miramontes núms. 3010, 3032 y Rancho del Arco núm. 32), mientras que el edificio de Miramontes núm. 3004 aún no inicia trabajos, solo permanece el terreno desocupado.

El sismo del 19 de septiembre de 2017 demostró la complejidad que presenta el suelo de la Ciudad de México ante la respuesta sísmica de las edificaciones. Por ello, es necesario continuar microzonificando para identificar y considerar la interacción del suelo sobre el comportamiento de la estructura.

El propósito de este reporte técnico también es insistir en crear una memoria y persistencia de que habitamos una zona altamente sísmica y que la prevención resulta relevante. Es importante recalcar que el mantenimiento adecuado de los inmuebles resulta vital y esto se da en términos de la organización, gestión y solidaridad vecinal. Al final de cuentas, se trata de conservar la integridad de las familias y su patrimonio.



Acciones y porcentaje de avance de los trabajos en los edificios al mes de abril de 2020. Elaboración: Susana Ezeta.

## Referencias

- CARREÓN-FREYRE, D., Cerca, M., Gutiérrez-Calderón, R., López-Quiroz, P., Alcántara-Durán, C., González-Hernández, M., y Centeno-Salas, F. "Posible influencia de la subsidencia y fracturamiento en la Ciudad de México en las construcciones dañadas por el sismo del 19 de septiembre de 2017". [http://gacetadeiztapolapa.com.mx/wp-content/uploads/2017/10/fracturas\\_sismo2017.pdf](http://gacetadeiztapolapa.com.mx/wp-content/uploads/2017/10/fracturas_sismo2017.pdf)
- CDMX. 6° Informe de Gobierno. [http://gaceta.diputados.gob.mx/Gaceta/64/2018/dic/CDMX\\_reconstruc-20181211.pdf](http://gaceta.diputados.gob.mx/Gaceta/64/2018/dic/CDMX_reconstruc-20181211.pdf)
- CIUDAD de México, Portal de Datos. <https://datos.cdmx.gob.mx>
- GACETA Oficial del Distrito Federal. "Programa delegacional de Desarrollo Urbano para la Delegación Coyoacán del Distrito Federal. 2010". [http://www.data.seduvi.cdmx.gob.mx/portal/docs/programas/PDDU\\_Gacetitas/2015/PDDU\\_COYOAC%C3%81N.pdf](http://www.data.seduvi.cdmx.gob.mx/portal/docs/programas/PDDU_Gacetitas/2015/PDDU_COYOAC%C3%81N.pdf)
- GACETA Oficial de la Ciudad de México. [sideso.cdmx.gob.mx](http://sideso.cdmx.gob.mx). 2017.
- GOBIERNO de la Ciudad de México. Portal de Datos de la Ciudad de México 2018. <https://datos.cdmx.gob.mx/explore/dataset/coloniascdmx/table/?refine.alcaldia=COYOACAN>.
- MÁS, Hernández Rafael. "Notas Sobre La propiedad del suelo y la formación del plano de la Ciudad de México", *Ería: Revista cuatrimestral de geografía*, 24-25 (1991): 63-74. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo>
- REGLAMENTO de Construcciones para el Distrito Federal. *Diario Oficial de la Federación*, 14 de diciembre de 1976.
- REGLAMENTO de Construcciones para el Distrito Federal. *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, 2 de agosto de 1993.
- REGLAMENTO de Construcciones para el Distrito Federal. *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, 29 de enero de 2004.
- REGLAMENTO de Construcciones para el Distrito Federal. *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, 17 de junio de 2016.
- REGLAMENTO de Construcciones para el Distrito Federal. *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, 15 de diciembre de 2017.
- SEDUVI-CDMX. Programa de Desarrollo Urbano de Coyoacán 2010. [http://www.data.seduvi.cdmx.gob.mx/portal/docs/programas/PDDU\\_Gacetitas/2015/PDDU\\_COYOAC%C3%81N.pdf](http://www.data.seduvi.cdmx.gob.mx/portal/docs/programas/PDDU_Gacetitas/2015/PDDU_COYOAC%C3%81N.pdf)
- SIDESO Sistema de Información del Desarrollo Social. Delegación Coyoacán, Coordinación de Planeación y Desarrollo Territorial. 2001-2003. <http://www.sideso.cdmx.gob.mx/index.php?id=35>

**ALICIA Susana Ezeta Genis**

susana.ezetagenis@fa.unam.mx

Maestra en arquitectura. Profesora de tiempo completo "A" de las licenciaturas en Arquitectura y Arquitectura de Paisaje, así como en la Especialización de Cubiertas Ligeras de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Arquitectura, UNAM. Colaboradora del Laboratorio de Materiales y Sistemas Estructurales (LMSE) y de Estructuras Ligeras (LEL).

**Perla Santa Ana Lozada**

psal@unam.mx

Maestra en ingeniería (estructuras). Profesora de tiempo completo "B" de la Facultad de Arquitectura, UNAM. Ganadora de la Cátedra "Mauricio M. Campos" de la FA-UNAM de 2010-2011. Autora de diversas publicaciones arbitradas, capítulos de libros registrados y libros referentes a estructuras y construcción.