

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ARQUITECTURA



"BORDES DE CIUDAD"

LA ARQUITECTURA COMO FRONTERA PARA LA CIUDAD.
PROYECTO DE GRANJA COTURNÍCOLA, AJUSCO, CIUDAD DE MÉXICO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE ARQUITECTO PRESENTA:

ALFONSO SANABIA GONZÁLEZ

TUTOR: DR. CARLOS GONZÁLEZ LOBO

ASESORES: ARQ. CARMEN HUESCA RODRÍGUEZ • ARQ. MARIANO DEL CUETO RUIZ - FUNES



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

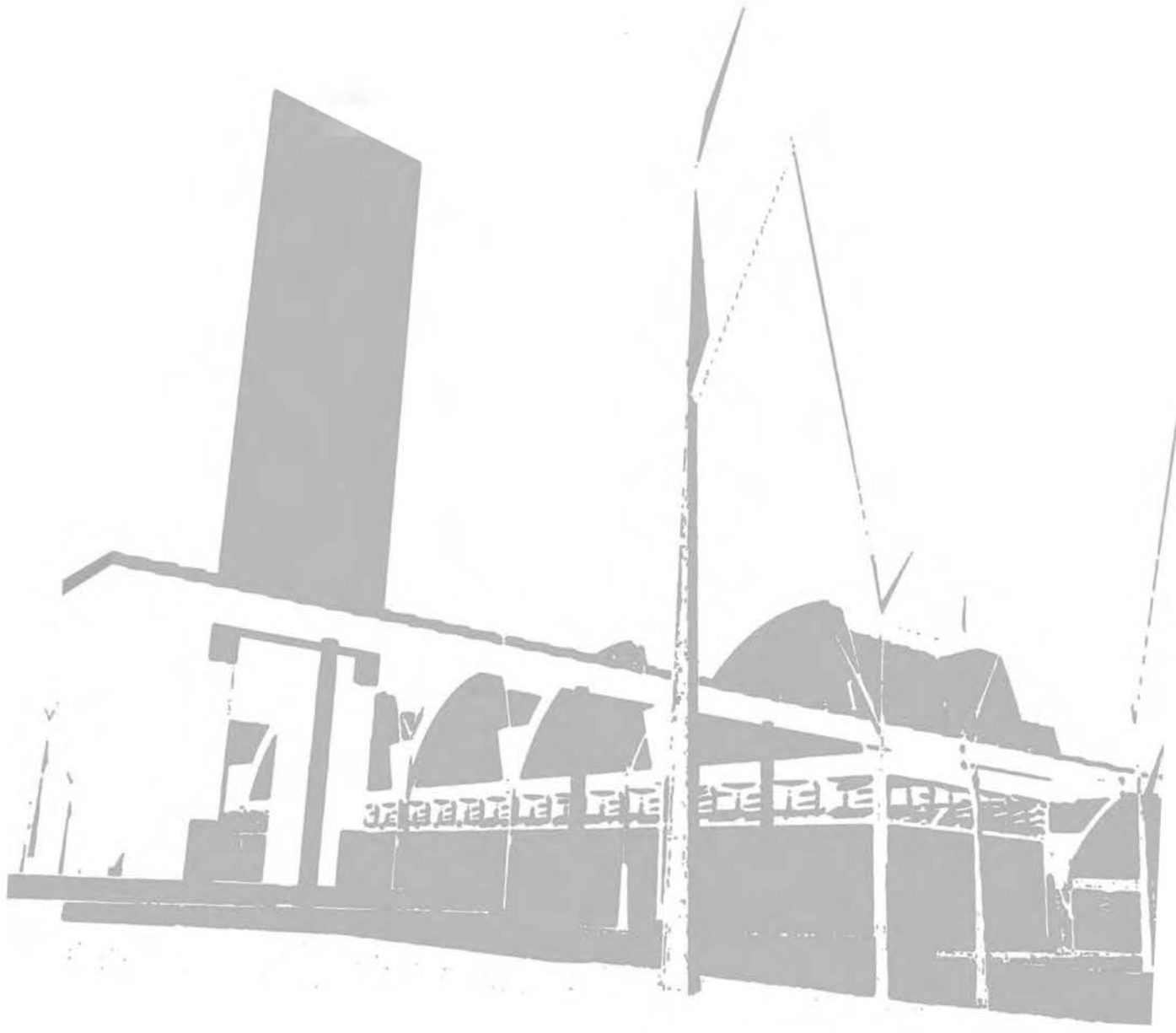


Figure 1.1: The building at the University of Malaya



*A mis padres,
con cariño y gratitud.*

ÍNDICE

Introducción

La Ciudad de México. Todo de una mirada	7
Bordes de ciudad. La arquitectura como frontera para la ciudad	8

I. Concepto de borde

1.1 Bordes. Una condición natural de hacer arquitectura	11
1.2 Borde = límite = frontera	11
1.3 Frontera: fin y principio	12
1.4 El borde y la ciudad lineal	13

II. Fundamentación

2.1 La Ciudad de México. Megalópolis emergente	16
2.2 Procesos de desarrollo urbano no planeados en la periferia de la Ciudad de México	21
2.3 Panorama de la expansión urbana incontrolada en la periferia sur de la Cd. de México	24

III. Diagnóstico

3.1 Delegación Tlalpan. Medio físico	27
3.2 Ajusco medio. Estructura urbana	31
3.2.1 Vialidad y transporte	32
3.2.2 Usos del suelo	33
3.2.3 Asentamientos irregulares	36
3.2.4 Infraestructura	40
3.2.5 Equipamiento y servicios	42
3.2.6 Vivienda	43

IV. Propuesta urbana

4.1	La ciudad como problema	44
4.1.1	Problemática. La situación que enfrentamos hoy	44
4.1.2	Tendencias. El curso de la ciudad si no actuamos hoy	44
4.1.3	Visiones. Hacia dónde debemos orientar a la ciudad.	45
4.1.4	Estrategias. Lo que podemos implementar hoy	45
4.2	Propuesta de Zonificación Primaria para el D.F. y AMCM.	46
4.3	Plan Parcial de Desarrollo Urbano	50
4.3.1	Impulso al reordenamiento urbano	50
4.3.2	Vialidad y transporte	51
4.3.3	Usos del suelo	52
4.3.4	Infraestructura y equipamiento	53
4.4	Vivienda	54
4.4.1	La ciudad lineal. El esquema barrio-vecindad-vivienda	55
4.5	Borde bio-productivo	57

V. Proyecto arquitectónico

5.1	Granja coturnícola	58
5.1.1	Coturnicultura: cría industrial y para caza de codorniz	58
5.1.2	Programa arquitectónico	59
5.1.3	Planteamientos conceptuales	62
5.2	Proyecto ejecutivo	70

INTRODUCCIÓN

La Ciudad de México. Todo de una mirada

Si pudiera, en este momento, observar la Ciudad de México desde la ventanilla de un avión, contemplaría una infinitud de calles, edificios y espacios que apenas contienen las montañas y volcanes nevados que circundan una dilatada cuenca.

En efecto, la ciudad se construyó sobre un desecado conjunto de lagos donde hoy viven alrededor de 22 millones de habitantes a un ritmo acelerado y contrastante que se refleja en la diversidad de actividades que transcurren en sus calles: automóviles en nervioso trayecto, innumerables peatones, comedores en las esquinas y vendedores de todo tipo.

En este escenario tiene cabida la pobreza de muchos de sus habitantes, pero también el refinamiento y el lujo. La rica variedad de actividades ciudadanas y la decantación cultural tienen su reflejo en la no menos copiosa serie de construcciones que van de lo grácil a lo grotesco, la majestad que le confieren los siglos o la inquietante modernidad.

Desde su fundación, la Ciudad de México ha tenido una vocación por la grandeza y en ella caben no sólo siglos de cambios, a veces radicales en su fisonomía, sino también una extensión que rebasa sus linderos políticos y funde pueblos antiguos o crea ciudades de la nada.

Asombra que, pese a su extensión, muchas zonas atractivas puedan recorrerse a pie; entre escenarios grisáceos surjan coloridos mercados, o que junto a taquerías portátiles se levanten místicos monumentos o exquisitas mansiones.

Algunos la llaman el D.F., abreviatura de Distrito Federal, otros simplemente México como si todo el país le cupiera entre las calles. Esto último habla de una fuerte concentración de servicios, de grupos provenientes de todas las regiones del país y un nutrido contingente de extranjeros, residentes y visitantes que convierten a la ciudad en un verdadero espacio cosmopolita.



Bordes de ciudad. La arquitectura como frontera para la ciudad

Con una extensión aproximada de 1 500 km² y una población de casi 22 millones de habitantes la Ciudad de México se ha convertido en una de las más grandes metrópolis del mundo, su ritmo de crecimiento ha sido alarmante, si consideramos que su población se quintuplicó en los últimos cuarenta años.

Además, gracias a la planificación burocrática, a la pobreza extrema y a la indiscriminada especulación inmobiliaria, la mancha urbana continúa extendiéndose devorando pequeñas poblaciones, grandes zonas boscosas, áreas de cultivo y mantos acuíferos –zonas que son vitales dentro del ecosistema-, dejando en su lugar espacios enmarañados, conflictivos y con una imagen no muy halagadora.

Los procesos que se observan en el espacio metropolitano en los últimos años son muy complejos y, por ende, la necesidad de planear su desarrollo futuro es cada vez más imperiosa.

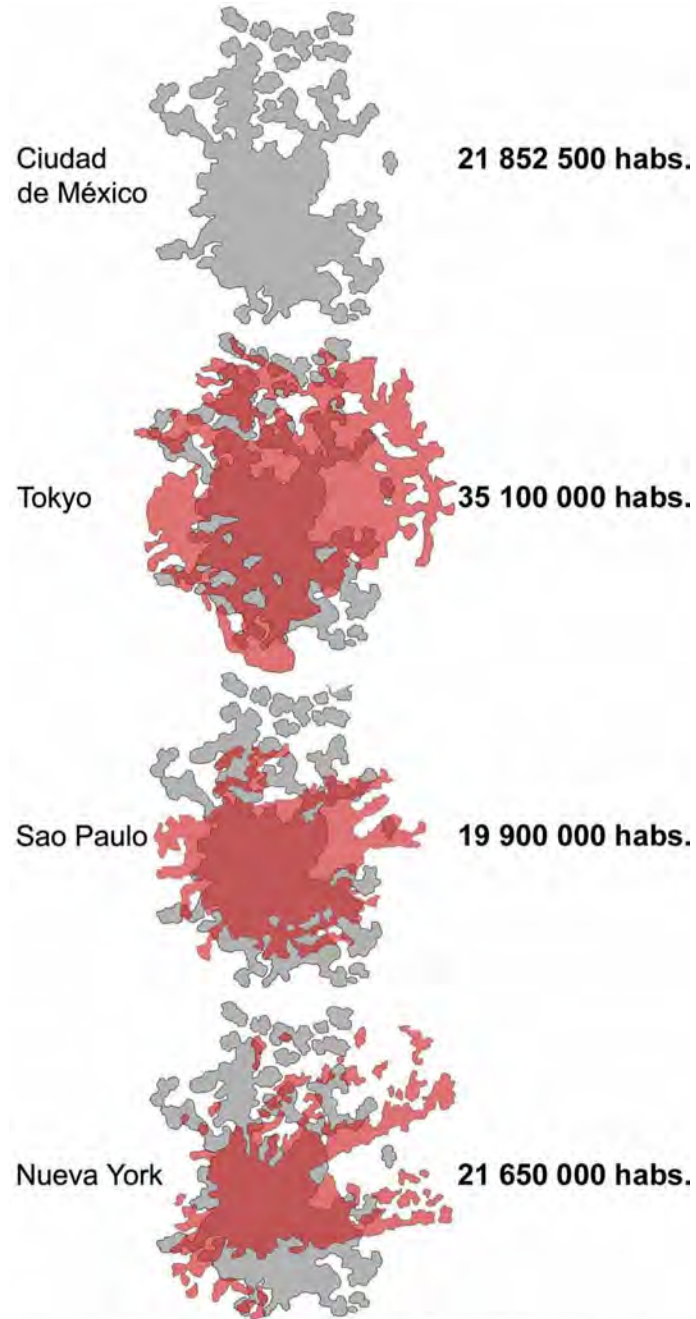
El mayor desafío de la ciudad no es en la actualidad, como lo fue durante largas décadas, su crecimiento poblacional. Los problemas más graves son ahora el deterioro ecológico y los altos costos de urbanización que se derivan de su aún significativa expansión física, así como la polarización social y territorial. Ante esto surgen preguntas como:

¿Qué población y forma espacial tendrá la ciudad en el futuro?

¿Hacia dónde tiende a expandirse el territorio?

¿Se puede frenar y reordenar el crecimiento de la metrópoli?

Es así, ante estas interrogantes, como surge el proyecto “Bordes de ciudad” con la idea principal de replantear los límites de la Ciudad de México, previendo una mayor densificación de las zonas centrales y periferias intermedias de la ciudad, dando como resultado un mejor aprovechamiento de las redes de servicios.



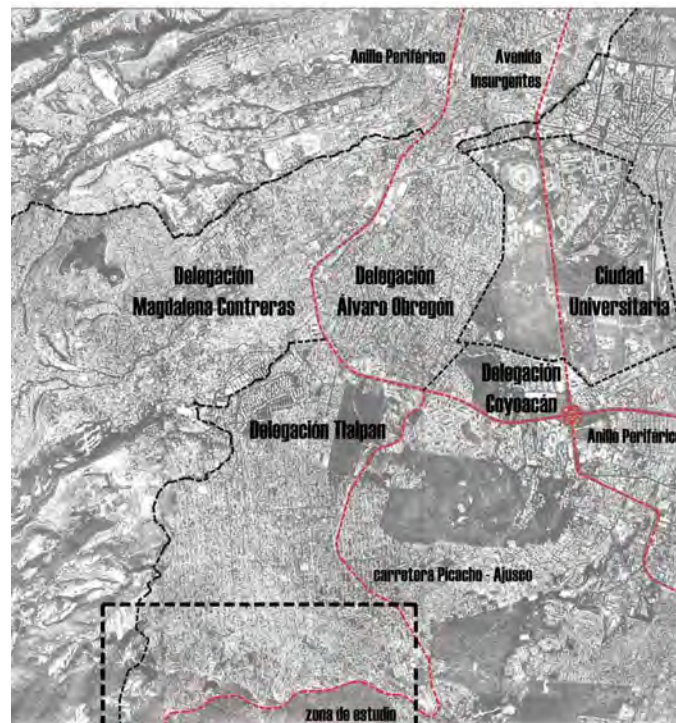
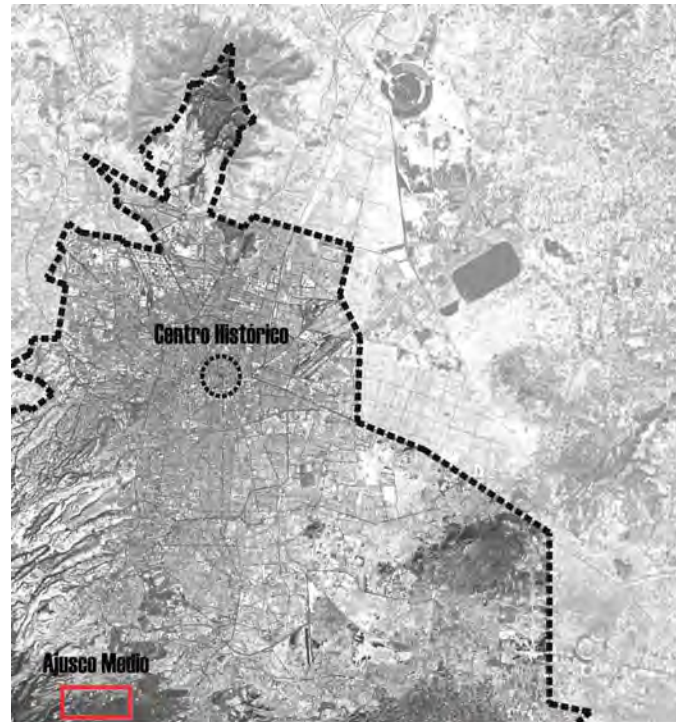
Comparativo de la mancha urbana de la Ciudad de México con respecto a las principales metrópolis mundiales, 2003.

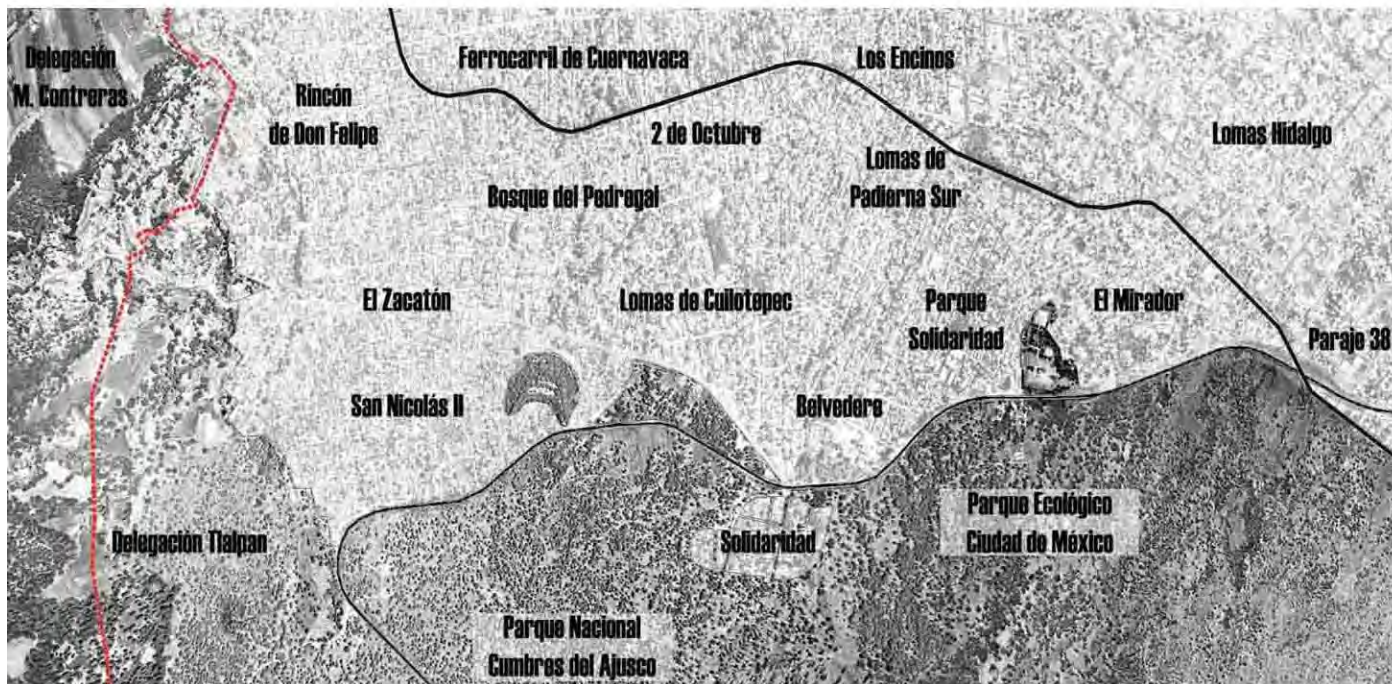
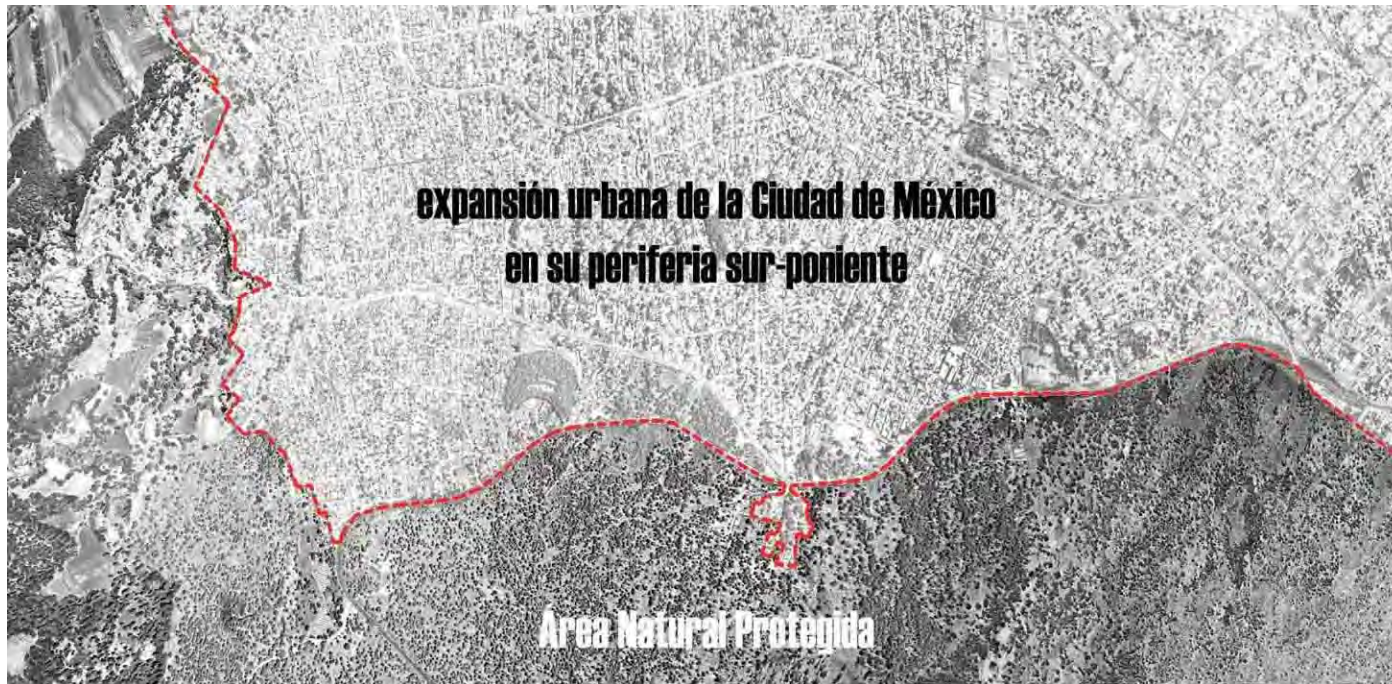
Un borde para la ciudad no puede resultar homogéneo, pues la ciudad misma no lo es. El proyecto requiere establecer una serie de polígonos de acción en los que de forma particular habrá de concebirse al borde de acuerdo a las características y circunstancias propias del lugar en conflicto.

El proyecto de borde aquí planteado tiene como zona de estudio la región sur-poniente del Valle de México, en lo que se denomina como Ajusco Medio, y se desarrolla, de forma paralela, a lo largo de un borde físico existente: la carretera Picacho-Ajusco. El polígono se encuentra delimitado al norte por el tejido urbano de los poblados de Rincón de Don Felipe, El Zacatón, San Nicolás II, Lomas de Cuilotepec, Belvedere y El Mirador; al oriente, por el asentamiento irregular Solidaridad; al sur, por los terrenos decretados como Área Natural Protegida (A.N.P.) que corresponden al Parque Nacional Cumbres del Ajusco y al Parque Ecológico Ciudad de México; y al poniente, por el límite territorial y político entre las delegaciones Magdalena Contreras y Tlalpan, remarcado por el cauce del río Eslava. La problemática en esta zona se centra, fundamentalmente, en la presión que ejerce el inminente crecimiento territorial de los poblados cercanos, en vías de consolidación, y de los asentamientos irregulares que se han implantado dentro del Área Natural Protegida.

La presente tesis se divide, propiamente, en dos proyectos: en uno urbano que plantea como proyecto de borde, la inclusión de un conjunto de proyectos arquitectónicos y urbanos que sirvan recíprocamente como vínculo y separación, como frontera entre la creciente mancha urbana y las zonas de preservación ecológica, ajustándose a un Plan Parcial de Desarrollo Urbano elaborado específicamente para la zona de estudio; y en uno arquitectónico que propone el establecimiento de una granja coturnícola al interior del borde.

El resultado es un borde que, injertándose entre las zonas semiconsolidadas y de conservación en la periferia sur-poniente de la ciudad, aloja, de manera ordenada, toda una serie de proyectos que resultan ser contenedores no sólo de actividades, sino de ciudad, al ser elementos formados por la yuxtaposición de actividades: vivienda, trabajo, salud, recreación y cultura.





1.1 Bordes. Una condición natural de hacer arquitectura.

El fenómeno del borde y la arquitectura están íntimamente relacionados. La acción de limitar es el acto inicial del proceso de construcción. Sin bordes o fronteras no hay territorio, y sin territorios no hay arquitectura. Con el fin de definir mejor los bordes o fronteras construidas, quisiera diferenciar dos categorías: los bordes naturales y los bordes artificiales.

Las fronteras o bordes naturales son marcas resultantes de una estructura-acontecimiento. Unos niños que juegan en la arena requieren una determinada zona que se determina por la forma y las reglas de sus juegos, sus energías, etc. Las trazas en la arena dibujan un territorio que es el reflejo de sus actividades así como la frontera entre su zona de juego y lo que queda fuera ella. Una frontera natural es como el margen de un campo magnético, en el que el poder del epicentro se desvanece y la definición del territorio acaba. Las fronteras o bordes artificiales, por otro lado, son intervenciones que dividen territorios independientemente de sus estructuras internas. Se erigen para definir un espacio extendido, como el muro de un jardín o los muros exteriores de una casa.

Mientras que la cualidad de los bordes o fronteras naturales se define por la estructura interna de los territorios limitados, un borde artificial define un territorio desde el límite hacia adentro. Nuestra intuición como arquitectos de proveer al usuario con un "hogar", no es nada más que el intento de escarbar un "lugar" en el espacio neutro, ilimitado. Y con la cualidad física de sus bordes intentamos imponer un orden y un significado en ese recinto.

En el fondo, proyectar trata de la decisión de cómo confinar un espacio, sea en un entorno urbano o sea a una escala menor, en un muro, una puerta o unas escaleras.

Si un territorio se define por la cualidad de sus límites, entonces el borde construido es el medio de expresión de las convenciones de uso en este territorio, con un borde natural como representación, y un borde artificial como plantilla que determina las relaciones funcionales del interior.

1.2 Borde = límite = frontera.

Los bordes entendidos como límites o fronteras son trazos continuos, trazos que bien pueden dibujarse sin separar la punta del lápiz del papel. Generalmente son los confines, aquellas tierras de nadie en las que se producen los cambios de nombres. En su sentido literal, son la separación política y cultural entre países o áreas geográficas; pero también son los lugares en los que se produce en mayor medida el intercambio o mestizaje.

Un borde o frontera produce diferencias. Mira a la vez hacia adentro y hacia fuera y establece un doble juego de inclusión y exclusión. Traduce, acoge e incorpora, y también calla, ignora y expulsa. Por un lado se impregna del ruido exterior, de la complejidad del afuera. Por otro lado, excluye lo que le es excesivamente raro. Al mismo tiempo que lo interior al borde se alimenta incorporando parte de la extrañeza, se define y se reafirma por la exclusión del resto, por la negación de lo otro. El borde dibuja, hacia adentro, la imagen resplandeciente de lo nuevo, de lo incorporado, y en su límite mismo, la nebulosa del ruido, como fenómeno borroso de lenguajes no decodificados. Y es precisamente en el territorio invisible que se encuentra más allá del límite, en los territorios culturales inexplorados, donde se dan las palabras y las prácticas, desde aquí siempre invisibles, que permitirán la aparición de nuevos escenarios en el interior mismo del borde.

Así como la frontera es la representación de la oposición frontal entre dos sistemas, el borde es siempre visible, obscuro y trágico. Ambos promueven múltiples mecanismos de segregación y están sobredimensionados, medidos al extremo y vigilados. Están fabricados de un tejido sintético, sin poros, impermeable. Sin embargo, toda frontera acaba en cualquier caso por tener un grueso. La traducción del dibujo planimétrico al mundo le da un cierto grosor y por lo tanto un lugar en medio de sus dos nuevos bordes. Aparece aquí un interior a la propia frontera. Un lugar extenso de tránsito dentro de esta piel continua transferida a la topografía. El borde como frontera se hace furtiva como espacio público específico. Ello transforma su característica de límite en un espacio de confrontación no sólo económico o cultural sino también social y ético.

Su línea simple y su trazo continuo son enredados por los itinerarios prohibidos del furtivo que aparece y desaparece entre las nuevas geografías que proliferan a ambos lados del borde.

Las fronteras se ubican, generalmente, en la periferia de las ciudades, sin embargo, también existen bordes o fronteras traspuestas y redundantes, y que son interiores al propio sistema urbano de nuestras ciudades. Ellas trazan límites laberínticos que establecen desigualdades entre precarios y privilegiados, y definen afueras formadas por aquellos espacios críticos que no merecen ser traducidos, por esos huecos e intersticios que desocupan el orden en el interior de las grandes metrópolis. Los bordes o fronteras se redibujan, así, a una escala mayor, para nada doméstica.

Nuestro borde como límite se hace mapa, pasa a ser una representación sobre el territorio, una nueva frontera, menos vallada pero igual de impermeable.

1.3 Frontera: fin y principio.

Las fronteras no son solamente demarcaciones territoriales, límites violables. Las fronteras también son entidades de convivio y comunicación, es decir, perímetros que se deben expandir mediante la creación y el pensamiento humanos.

Es realmente irónico que el hombre piense, intente y logre expandir sus fronteras con el mero pretexto del progreso humano. Generalmente aunado a ello se logran desacuerdos, violaciones y desventajas, desigualdades, contingencias y una serie de retrocesos inesperados, meros elementos híbridos de un concepto que pretende ser original aunque surge de la falsedad, el simulacro y el absurdo.

El hombre, al intentar “romper” y expandir sus fronteras, las ha enmarcado y transformado en elementos o reservas a su servicio; las ha intentado regular, las ha limitado y, metafísicamente hablando, jamás las ha abierto. Es fácil observar que cada vez que se habla de fronteras los conceptos de propiedad y límite no pueden estar ausentes.

El hombre asegura siempre haber expandido sus fronteras. Esto aparenta no ser un problema, hasta que se viola y se violenta el “otro lado” de nuestros límites o de nuestras fronteras bajo la falsa bandera del progreso.

La frontera pretende ser una metáfora, una creciente e interminable alegoría, a pesar de estar limitada por el ser humano. Cada vez que se intentan crear lazos de comunicación, se crean nuevos límites. Es decir, una vez más el hombre enmarca, nombra, crea, controla y posee; por lo tanto, el desarrollo no es natural sino simulado y artificial.

Sin duda alguna, hablar de la frontera es hablar de las separaciones, demarcaciones o desigualdades entre uno y otro elemento que se juntan, un conjunto de elementos o algunos de ellos y no como una metáfora de apertura. Siempre que el hombre piensa en expansión, piensa en conquista, piensa en una violenta posibilidad de forzar sus fronteras convirtiéndolas en límites, limitantes y limitaciones para los elementos que la constituyen.

Frontera también significa márgenes, perímetro, orillas, contorno o periferia de un elemento o conjunto de elementos iguales que se comunican entre sí. Es decir, puede ser un medio de comunicación entre dos o más zonas o pueblos. Estos pueden tener distintos idiomas y comunicarse entre sí. No obstante, esta comunicación puede darse o no; fluir o detenerse; permitirse o censurarse. Se puede sugerir que en una frontera se observa cómo el diálogo y la comunicación intentan existir. Aun así, la visión de la vida es distinta en cada uno de los lados, por lo tanto el mundo se visualiza, se vive y se narra de diferentes maneras.

La frontera separa elementos que se rechazan y se atraen; avanzan paralelamente y aparentan no unirse pero siempre se tocan, se comunican; no comparten el mismo espacio ni el mismo tiempo pero siguen el curso de la misma línea fronteriza.

Se habla de expansión y se observa cómo las fronteras crecen a pasos agigantados y esto ya no es sorprendente. Las fronteras siguen limitadas por el mismo centro, por el ser humano mismo. El ser humano añade muros, bardas y alambrado a sus fronteras; es decir, más límites, más barreras, ¿más fronteras?

El mundo se divide y el hombre se segrega a sí mismo, se limita. En ambos lados de la frontera suelen ocurrir divisiones sociales, fronteras dentro de las mismas fronteras, desigualdades entre sus elementos, segregaciones, marginalidades, continuos fenómenos de

una frontera que aparenta ser sólida pero es frágil; resistente pero es débil.

La frontera es una zona en la cual, a pesar de su vértigo y movilidad, todo sucede dentro de una extraña apariencia de inmovilidad; la experiencia es diferente según el lado del cual se mire. La frontera intenta ser independiente debido a su relativa lejanía del centro, y dependiente debido a su desarrollo explosivo, infrenable y aparentemente incontrolable.

La metáfora debe desconocer barreras o límites; intentar crecer y expandirse, encontrar albergue para desarrollarse y buscar vínculos que la unan con los habitantes de la región.

Al hablar del término o concepto de frontera se debe hablar de creación y no de limitación. Crear no solamente es nombrar; crear es dejar ser, dejar nacer, dejar vivir, dejar morir. La frontera debe ser la salida del laberinto y no un intento frustrado para salir del laberinto mismo.

Una frontera limitada no se puede expandir, por lo tanto no puede abrir sus puertas a la creación.

1.4 El borde y la ciudad lineal.

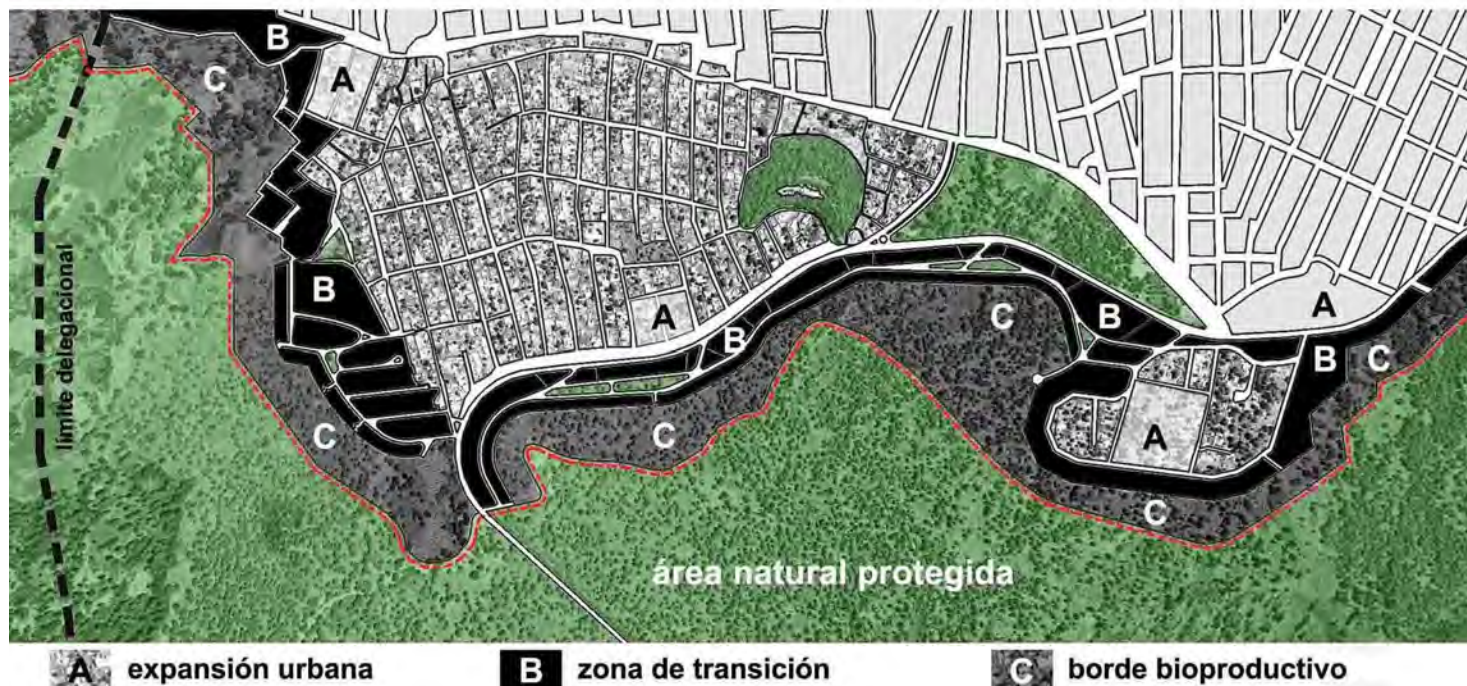
Ante la tarea por trazar un límite, no queda más que comprender que tal labor implica marcar diferencias. Trazar límites irremediabilmente conlleva, de manera espontánea, a la creación de fronteras físicas como pueden ser calles o avenidas, o bien otro tipo de fronteras que no son en nada arbitrarias, sino que encuentran su origen en diferencias sociales, económicas, étnicas, de religión...

Establecer un borde para la ciudad significa entrar en conflicto con el crecimiento e identidad de la misma.

El proyecto de Borde de Ciudad debe concretarse en tres niveles básicos de actuación dentro del borde mismo, cada nivel corresponde a una de las tres zonas reconocibles en la composición del borde:

- 1) **zona A** o de consolidación;
- 2) **zona B** o de transición, y
- 3) **zona C**, el borde.

La zona A resulta fácilmente reconocible, corresponde al límite definido de la mancha urbana, y se le denomina de



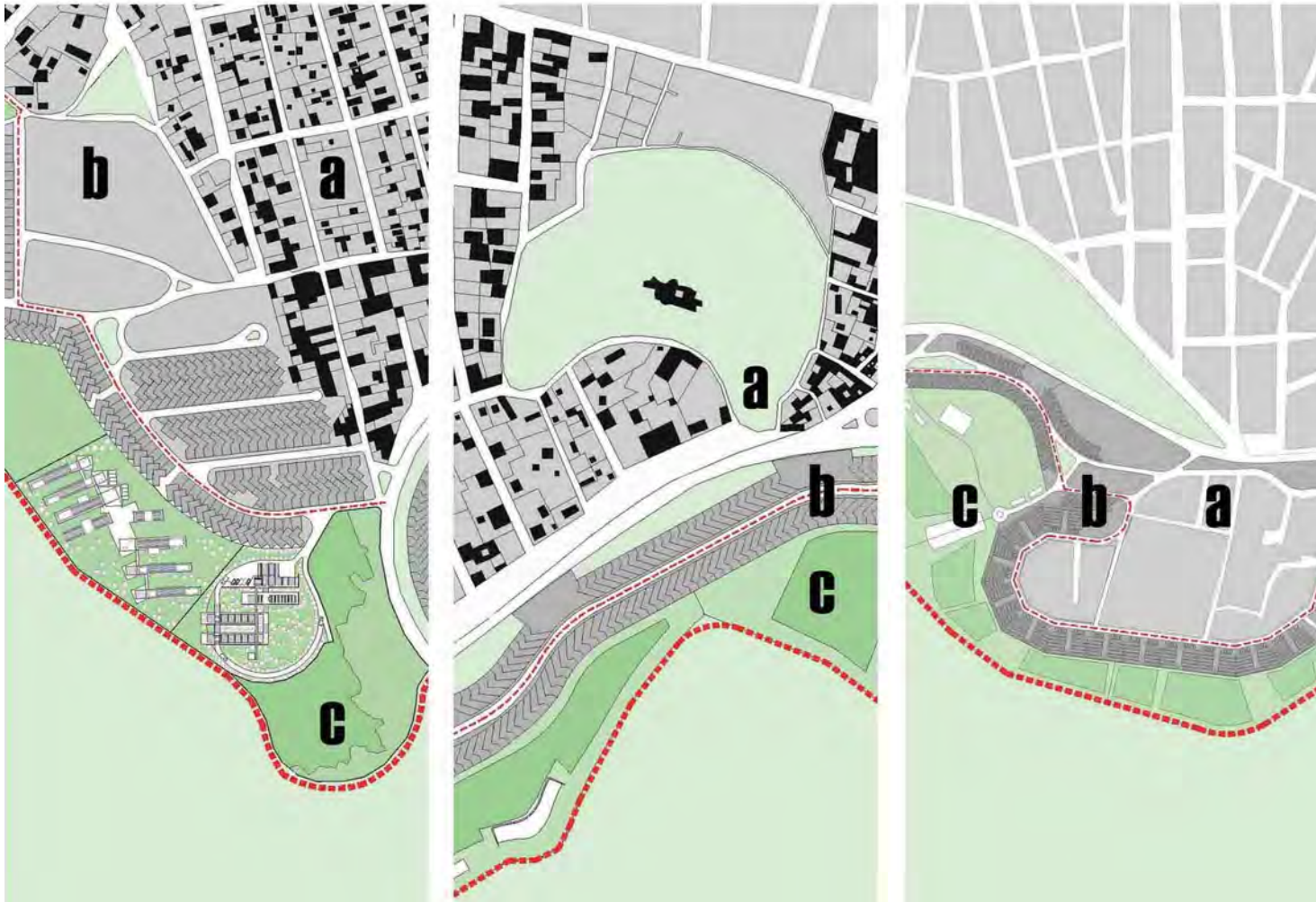
consolidación, pues con la inserción del borde y con el esperado freno a la inercia de crecimiento territorial, se busca que la periferia crezca hacia dentro de sí misma, una especie de implosión hacia los intersticios que ha dejado al interior de la ciudad, densificando las zonas centrales o periferias intermedias, optimizando el aprovechamiento de las redes de infraestructura y equipamiento.

La zona B o de transición me resulta, conceptualmente, la más compleja de las tres zonas, pues es difícil precisar la función que se le quiere proporcionar.

Para definirla me valdré de una comparación quizás no del todo fuera de lugar:

“Imaginemos el ambiente bélico de una ciudad sitiada, una ciudad inmersa en una guerra civil; dividida en dos enclaves, cada uno de ellos controlado por diferentes facciones. Entre ambas partes aparece espontáneamente una **línea de demarcación**, ¿un borde?, quizás una calle amplia que proporciona a los combatientes una distancia física cómoda y suficiente para defender sus respectivas comunidades de los ataques del otro lado.

Esta línea de demarcación se convierte, por lo tanto, en una zona neutral entre los sectores enfrentados en la ciudad dividida. Así pues, esa línea de demarcación se traduce como aquél único espacio que al mismo tiempo escinde y reúne a la ciudad.”



Pues bien, esa línea de demarcación es mi zona B, mi zona de transición: la **ciudad lineal**, un espacio que divide y reúne a la ciudad con el borde, un espacio de carácter público. Es aquí, donde la vivienda es participe en el proyecto de borde. La vivienda entendida como espacios para la socialización, intercambio y esparcimiento.

Resulta entonces pertinente decir que, para que un espacio sea verdaderamente público debe poseer un alto grado de neutralidad. Como cualidad espacial, la neutralidad permite el sentimiento de igualdad entre la gente. Se trata de una condición del espacio que permite la diversidad y la unidad, la intimidad y la distancia, y la posibilidad de que los grupos se mezclen sin tener que fusionarse. Un espacio con estas características posee dos cualidades contradictorias en sí, por un lado, constituyen un separador o una barrera entre dos comunidades, mientras que al mismo tiempo son su lugar de encuentro.

La zona C corresponde propiamente al borde, pero ¿en qué consiste tal borde?

La vivienda, por sí sola, no es capaz de brindarnos un borde lo suficientemente fuerte como para resolver el problema de apropiación del suelo de conservación. El problema tiene sus orígenes en el bajo valor inmobiliario o monetario que dichos terrenos tienen. Su valor radica sobretodo en términos ambientales o ecológicos, lo que los hace, sin embargo, susceptibles de ser apropiados ilegalmente, sin que exista tangiblemente un interés que se oponga a ello. La fuerza que el borde debe tener en oposición al crecimiento de los asentamientos irregulares existentes y a la creación de nuevos, debe sustentarse en la existencia de intereses realmente palpables que se opongan a tal fenómeno, al saber que dichos terrenos poseen un valor productivo mayor, al que se podría obtener con su venta. En pocas palabras, hay que proporcionarle un valor real a esas tierras. Por lo tanto, valorando el potencial del suelo de conservación inmediato a la mancha urbana, y por ende, susceptible de ser devorado, se ha optado por desarrollar lo que he denominado como **borde bio-productivo**; el cual básicamente consiste en un borde lineal constituido por una serie de instalaciones o equipamiento destinados a la producción agropecuaria.



Bordes de ciudad. La arquitectura como frontera para la ciudad

2.1 La Ciudad de México. Megalópolis emergente.

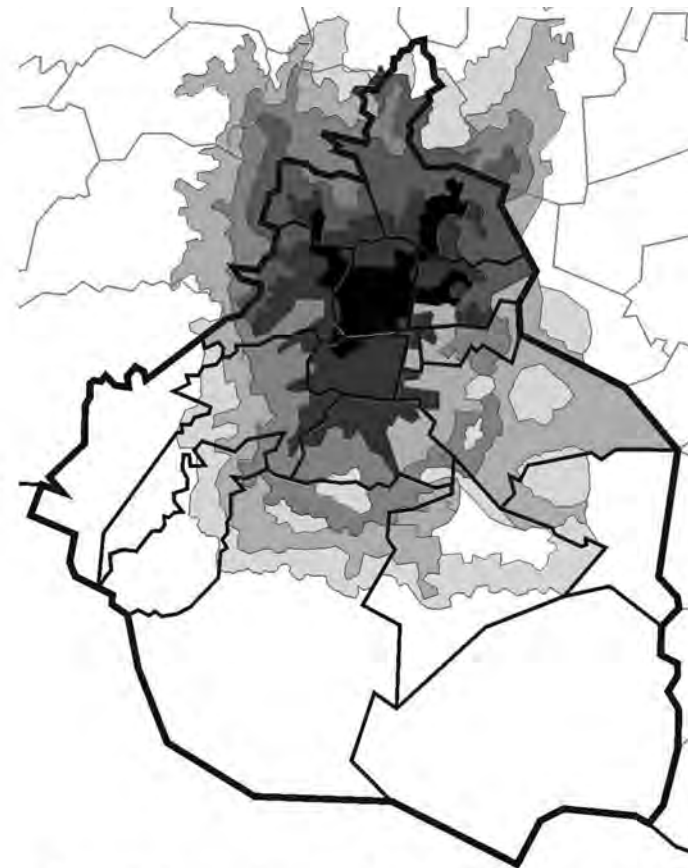
Hace poco más de un siglo, Adna F. Weber, con su “The Growth of Cities in the Nineteen Century” (1899), realizó un minucioso análisis acerca de la evolución de las ciudades en el que concluye que “las grandes ciudades crecen más rápido que las pequeñas y absorben la mayor parte del crecimiento urbano”. También enumeró las 49 grandes ciudades mundiales de esa época, a las que definió así por tener más de 300 mil habitantes. La Ciudad de México, con sus 328 mil habitantes, se ubicó entonces en el lugar 42.

Actualmente, se constituye como la segunda ciudad más poblada del planeta -tan sólo superada por la ciudad de Tokio- después de haber experimentado una sorprendente metamorfosis durante el siglo XX, al pasar de 180 mil habitantes en 1810 –año de la proclamación de la Independencia- a casi 20 millones en el año 2000.

A partir de los años cincuenta, la zona urbana desbordó los límites del Distrito Federal y se extendió hacia los municipios limítrofes del Estado de México, inicialmente Tlalnepantla y, posteriormente, Naucalpan, Chimalhuacán y Ecatepec. A partir de esta etapa comienza un acelerado proceso de metropolización, y técnicamente, se justifica que desde entonces se le denomine Área Metropolitana de la Ciudad de México (AMCM).

En el tránsito del siglo XX al XXI, dicho conglomerado se constituye por las 16 delegaciones del Distrito Federal, más 40 municipios del Estado de México y uno de Hidalgo, con una población total de 18.7 millones de personas en el año 2000. Además, el crecimiento del AMCM adquiere un carácter megalopolitano en los años ochenta, cuando se traslapa con el Área Metropolitana de Toluca.

A esta naciente región polinuclear se le podría denominar Megalópolis de la Ciudad de México, la cual tiene una población inicial de casi 20 millones en el año 2000; a ella se irán incorporando en las primeras décadas del siglo XXI las áreas metropolitanas de Pachuca, Toluca, Cuernavaca, Puebla, Querétaro y Tlaxcala; y se estima que concentrará alrededor de 36 millones de habitantes para el año 2020. La Ciudad de México es mayor, en términos demográficos, que 78% de los países del planeta.



Crecimiento demográfico y de la mancha urbana de la Ciudad de México

Año	Población en millones	Tasa de crecimiento medio anual %
1940	1.757	--- %
1950	3.050	5.7 %
1960	4.871	4.8 %
1970	6.800	3.5 %
1980	8.831	2.5 %
1986	10.09	2.2 %

En el ámbito nacional su preeminencia es también abrumadora, únicamente la delegación Iztapalapa, con 1.7 millones de habitantes en 1995, supera en población a 12 de las 31 entidades de la República, entre las que se encuentran Yucatán con 1.6 millones, Morelos y Durango con 1.4, Querétaro y Zacatecas con 1.3, y está 450% más poblada que Baja California Sur.

La ciudad tenía en 1940, casi 2 millones; en 1950, poco más de 3 millones y acusaba un crecimiento anual de 5.7%; en 1960, tenía casi 5 millones de habitantes y un crecimiento de 4.8%; en 1970, tenía poco menos de 7 millones y mantenía un crecimiento de 3.5%; en 1980, la población se incrementó a 9 millones y crecía a un 2.5%; en 1990 la población era de 15.4 millones de habitantes, es decir, el 18% de la población total del país.

Ese vigoroso crecimiento inicial obedeció esencialmente a la dinámica social y económica imperante en la posguerra. El relativo aislamiento del país en materia de transacciones comerciales obligó a las empresas a concentrarse en el mercado interno y, en particular, en el mayor del país: la Ciudad de México. Esto propició la creación de una importante infraestructura y que todas las vías de comunicaciones confluyeran en ella. También el centralismo del gobierno federal influyó en esta tendencia. En consecuencia, el crecimiento demográfico de la ciudad se aceleró, junto con el de la industria manufacturera y los servicios, como fuentes de empleo. En 1995 la población de la ciudad era de 15.5 millones de habitantes.

Como se aprecia, la ciudad ha reducido, estadísticamente, su ritmo anual de crecimiento a una tasa menor que la de la población nacional (2%) y que la de la urbana (3.7%). Es, asimismo, la metrópoli con menor crecimiento del país. Ello obedece, en lo fundamental, a un cambio en la distribución de la vida económica del país, la cual se ha desconcentrado de manera importante, debido fundamentalmente a la apertura de la economía a las transacciones con el exterior.

En particular, la necesidad de exportar y la inversión extranjera en el país han determinado la reubicación de las plantas productivas y de las empresas en general. Esto se traduce en una redistribución de la población en busca de empleos y mejores ingresos. En los últimos años, las empresas y los puestos de trabajo de la industria han aumentado más en las ciudades pequeñas de las regiones norte y centro-norte. En cambio en las noreste, occidente y centro (donde se ubican, respectivamente, las tres grandes metrópolis del país: Monterrey, Guadalajara y la Ciudad de México) han disminuido.

Las fuentes de trabajo industriales se han ubicado en los municipios del Estado de México más lejanos del Distrito Federal, resultado, sin duda, del elevado costo del suelo en el núcleo de la ciudad. Así pues, la creación de empleos se ha venido dando mayoritariamente en el sector de los servicios. Debido a los costos que implica para las empresas asentarse en esta urbe y a la infraestructura con que cuenta, tanto humana como material, la ciudad se ha convertido en sede, sobre todo, de oficinas corporativas, de grandes empresas y de compañías innovadoras y de alta tecnología, así como centro financiero del país.

Sin embargo, y aunque estadísticamente el crecimiento demográfico de la ciudad ha venido disminuyendo, la ciudad no posee las condiciones para absorber la creciente demanda de espacio. Por ello, la mancha urbana continúa, negligentemente, extendiéndose no sólo hacia los municipios conurbados, sino atentando además contra las zonas de reserva ecológica situadas en la periferia de la ciudad no importando el problema ecológico que se genera ni la obvia insuficiencia de equipamiento e infraestructura.

En 1900 la Ciudad de México era una pequeña localidad que sufrió una sorprendente metamorfosis al convertirse en una metrópolis en los años cincuenta y en una megalópolis en los ochenta, llegando a ser una de las urbes más pobladas del planeta a fines del siglo XX. En 1950, con 2.9 millones de personas, la Ciudad de México era la única localidad clasificada como grande dentro de las 84 que constituían el sistema urbano nacional.

En los años cincuenta inicia su sorprendente dinámica metropolitana, que consolidará en 1980 cuando el país se transforma en hegemoníamente urbano al tener 56.2% de su población viviendo en ciudades. En ese año la Ciudad de México alcanzó 13 millones de habitantes, iniciándose además su metamorfosis de una superconcentración metropolitana a otra de corte megalopolitano.

El tejido urbano de la Ciudad de México está constituido por una compleja amalgama de viviendas, edificaciones comerciales, industriales y de servicios, vialidades, equipamiento e infraestructura, que en conjunto aumentaron su superficie total de 27 km² en 1900 a 1460 km² en 1995.

Área Metropolitana de la Ciudad de México

DISTRITO FEDERAL

1. Alvaro Obregón
2. Azcapotzalco
3. Benito Juárez
4. Coyoacán
5. Cuajimalpa de Morelos
6. Cuauhtémoc
7. Gustavo A. Madero
8. Iztacalco
9. Iztapalapa
10. Magdalena Contreras
11. Miguel Hidalgo
12. Milpa Alta
13. Tláhuac
14. Tlalpan
15. Venustiano Carranza
16. Xochimilco

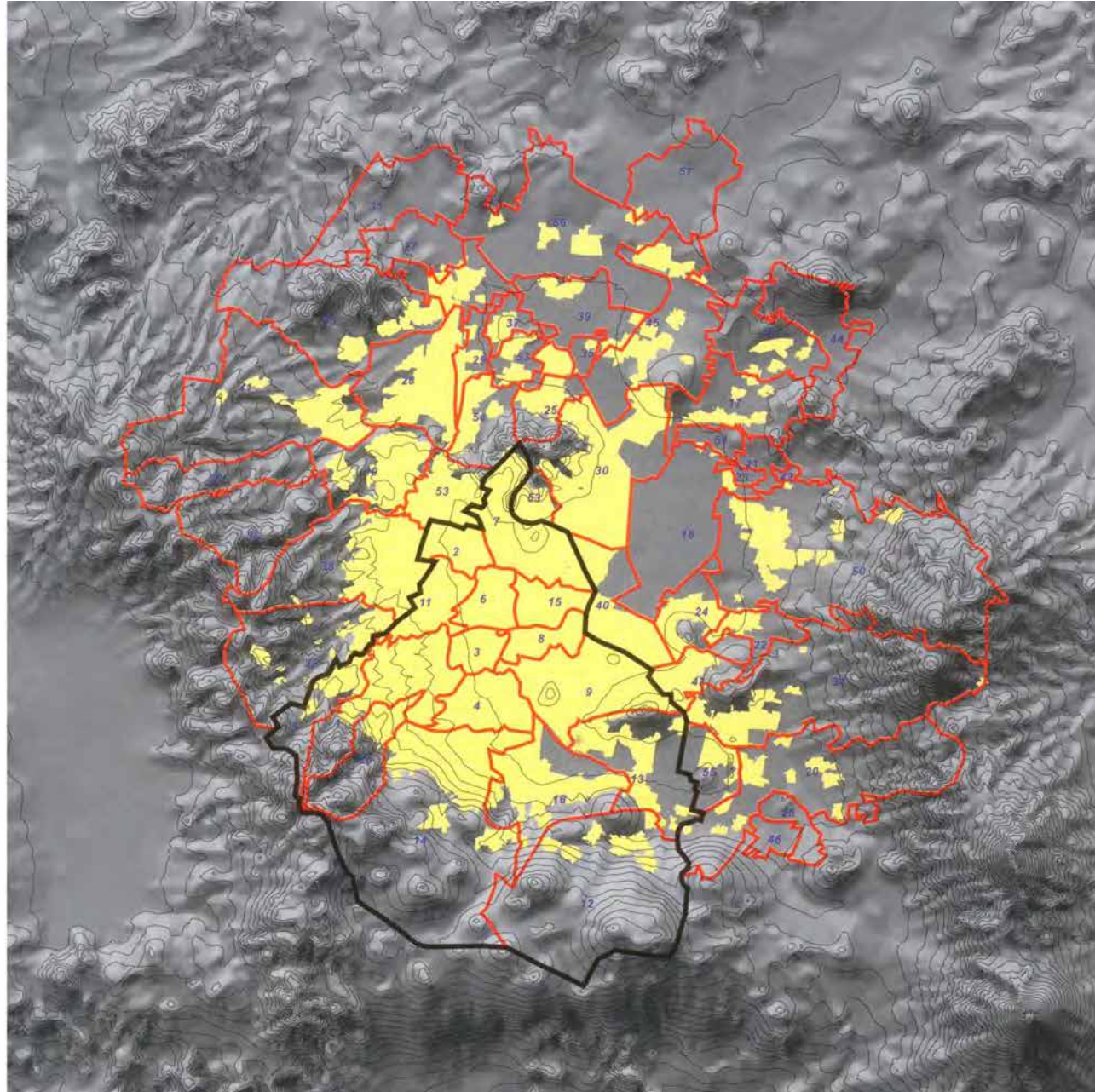
ESTADO DE MÉXICO

17. Acolman
18. Atenco
19. Atizapán de Zaragoza
20. Chalco
21. Chiautla
22. Chicolapan
23. Chiconcuac
24. Chimalhuacán
25. Coacalco
26. Cocotitlán
27. Coyotepec
28. Cuautitlán Izcalli
29. Cuautitlán
30. Ecatepec de Morelos
31. Huehuetoca
32. Huixquilucan de Degollado
33. Isidro Fabela
34. Ixtapaluca
35. Jaltenco
36. Jilotzingo
37. Melchor Ocampo
38. Naucalpan de Juárez
39. Nextlalpan
40. Nezahualcóyotl
41. Nicolás Romero
42. Papalotla
43. Paz, La
44. San Martín de las Pirámides
45. Tecámac
46. Temamatla
47. Teoloyucan
48. Teotihuacan
49. Tepotztlán
50. Texcoco
51. Tezoyuca
52. Tlalnepantla
53. Tultepec
54. Tultitlán
55. Valle de Chalco Solidaridad
56. Zumpango

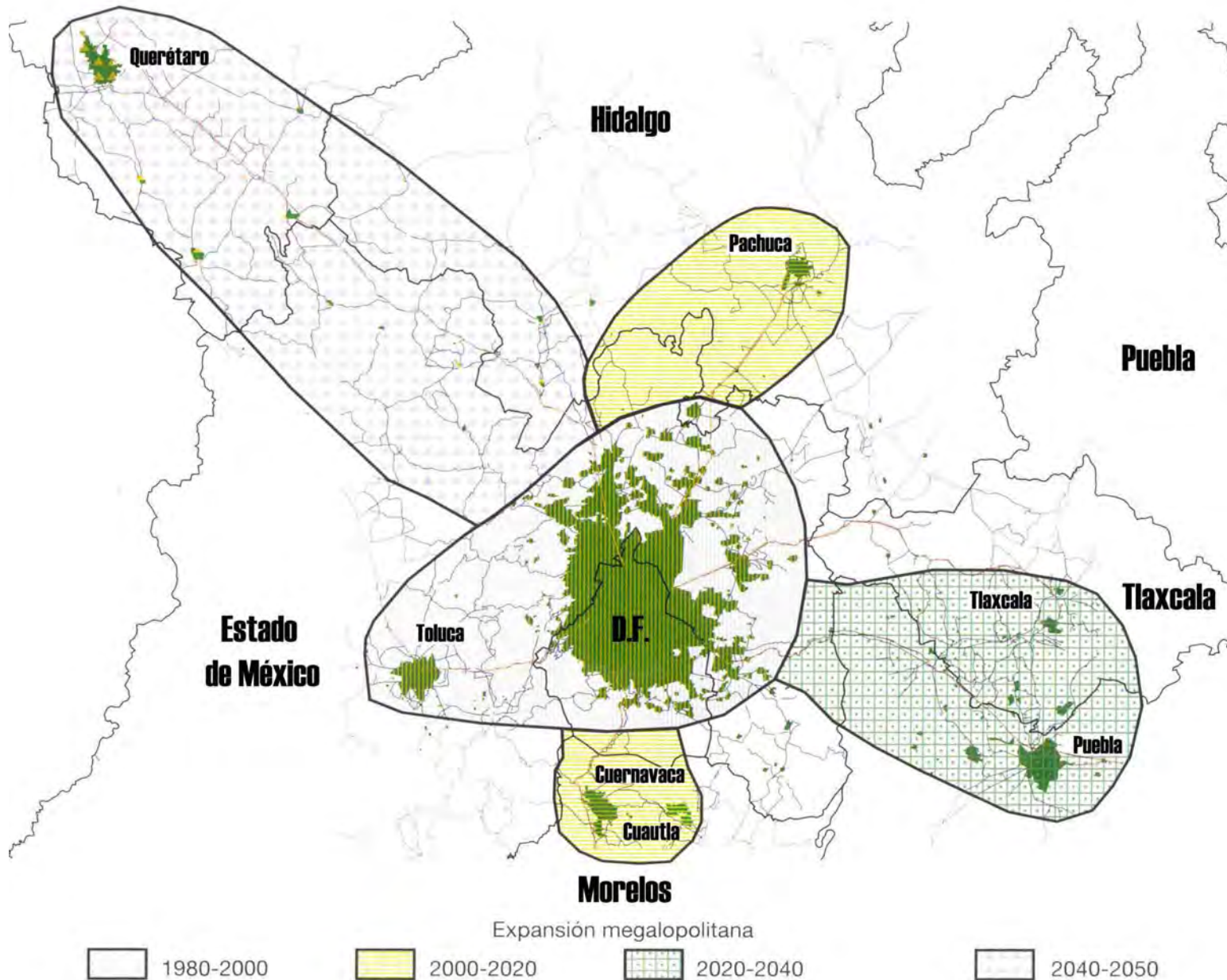
ESTADO DE HIDALGO

57. Tizayuca

- Área urbana
- Límites municipales y delegacionales
- Límites del Distrito Federal



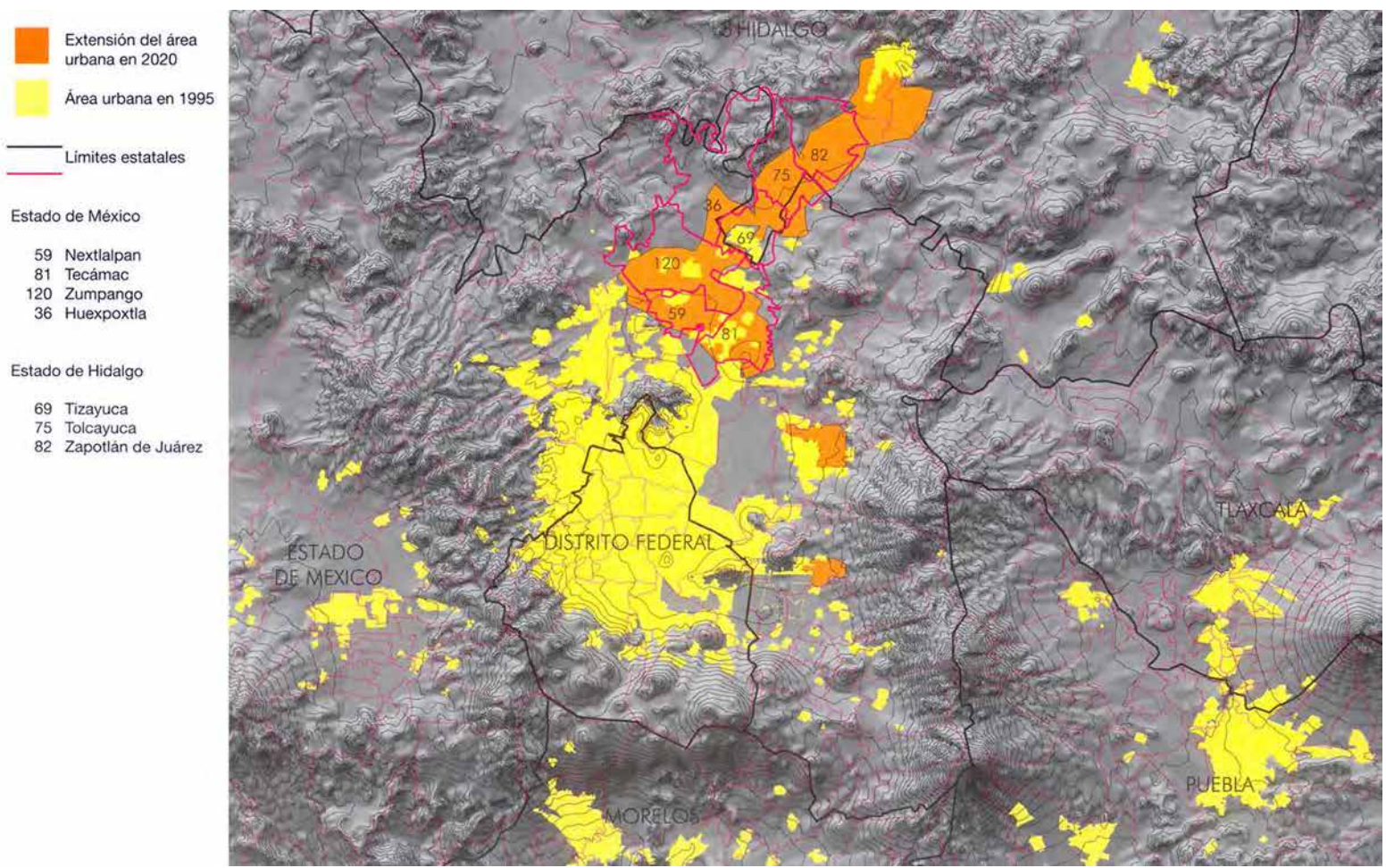
En la segunda mitad del siglo XX se consolida el principal subsistema urbano nacional constituido por la Ciudad de México, Toluca, Puebla, Cuernavaca, Querétaro y Pachuca, que en 1995 suman 21.6 millones de habitantes. El centro de este subsistema es el AMCM, la cual adquiere un carácter megalopolitano en los años ochenta cuando se unen las áreas metropolitanas de la Ciudad de México y Toluca, que en 1995 alcanza la cifra de 17.9 millones de habitantes. Este conglomerado megalopolitano está en su etapa inicial, pero en las primeras décadas del siglo XXI se le incorporarán paulatinamente las ciudades que forman parte del subsistema.



En 1990 el AMCM tenía 15.4 millones de habitantes, cifra que se elevó a 16.9 millones en 1995 a razón de un incremento anual de 310 mil personas, magnitud superior al aumento de 228 mil ocurrido entre 1980 y 1990, pero inferior a los 434 mil de la década de los setenta, cuando experimentó el mayor incremento absoluto de todo el siglo XX. Es claro que la tasa de crecimiento poblacional de la metrópoli tiende a disminuir, pero para propósitos de la planeación de las obras de infraestructura y la dotación de servicios es indispensable considerar el aumento demográfico absoluto.

Se ha proyectado que el AMCM (tal como la define el Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, es decir, la constituida por las 16 delegaciones del Distrito Federal y 59 municipios) tendrá 22.4 millones de habitantes en el año 2010 y 26.2 millones en el año 2020; considerando un incremento poblacional anual de 370 mil entre 2000 y 2010, y de 380 mil entre 2010 y 2020.

Se enfrentará, por ende, a una mayor presión en términos del suministro de agua, electricidad, suelo y viviendas, transporte, creación de empleos y, en general, del conjunto infraestructural y de servicios que requiere una megaurbe. Ante la gravedad por satisfacer las nuevas necesidades, persistirá la responsabilidad de atender a casi 400 mil nuevos habitantes por año, así como la de fungir como el núcleo de una creciente megalópolis y el lugar central del sistema urbano nacional.



2.2 Procesos de desarrollo urbano no planeado en la periferia de la Ciudad de México.

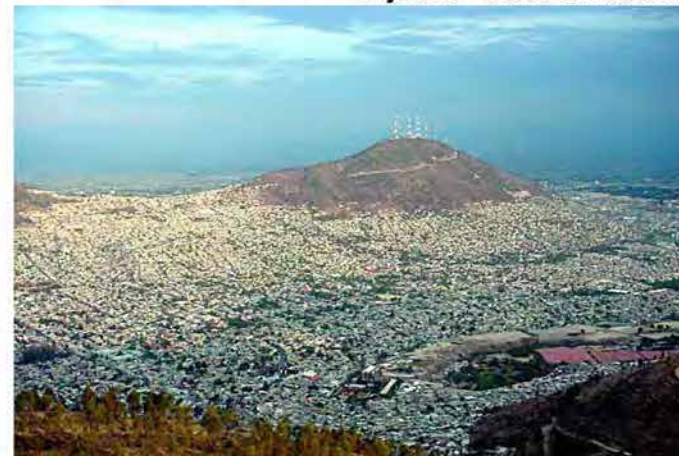
La expansión urbana sobre la periferia de la ciudad es un complejo fenómeno de ocupación territorial, en ella convergen tanto factores a nivel macro como son las políticas económicas y la movilidad poblacional; como factores a nivel micro como la tenencia y disponibilidad de la tierra, accesibilidad de transporte, o la proximidad a equipamiento y fuentes de empleo. Este proceso masivo y disperso de asentamientos humanos sobre la periferia, ha transformado la estructura urbana de la ciudad, al propiciar continuos procesos de expansión y consolidación. En su proceso de modernización, el país ha experimentado mutaciones substanciales tanto en su estructura económica como en la organización de su espacio. Se ha transitado de una economía tradicional basada en el sector primario a la moderna basada en los sectores secundario y terciario; y paralelamente, de la distribución atomizada de la población en el campo, a la masiva concentración demográfica en las ciudades. Si bien hace cinco décadas la formación de *colonias populares o proletarias* (como en su momento se llamaron) en las periferias no representaron problemas urbanos debido a las bajas tasas de su crecimiento demográfico, en las décadas que siguieron el país experimentó un notable aumento en las tasas de crecimiento poblacional, una elevada tasa de movilidad rural a urbana y una cada vez mayor concentración de inversión industrial, de infraestructura, equipamiento y servicios en las ciudades. En sólo 50 años las condiciones de habitabilidad cambiaron para la mayoría de la población, y dado que estas fuerzas de cambio fueron tan intensas, las ciudades no estuvieron en condiciones de absorber esta creciente demanda y, por lo tanto, la población comenzó a asentarse desordenadamente en zonas periféricas desarticuladas de los centros urbanos, lo que explica la insuficiencia de equipamiento, servicios e infraestructura; ello ha generado con el tiempo gran tensión social entre sus habitantes, tensión que se matiza en la medida que la ciudad se expande y las va integrando gradualmente dentro de su insuficiente sistema de servicios. Esta incesante expansión de las periferias urbanas, donde el fenómeno de asentamientos irregulares se repite y multiplica de manera aislada pero masivamente en todas nuestras ciudades, representa el 65% del desarrollo urbano del país. Si bien en las grandes ciudades la expansión urbana incontrolada es más visible y caótica, también forma parte del proceso de crecimiento de las ciudades medias y pueblos pequeños, más aún si se mantienen las actuales tendencias de concentración demográfica que muestran que la mayoría de las ciudades volverán a duplicar nuevamente su población en las



Ajusco - Coyoacán



Ajusco - Cerro del Judío



Cuauhtepac - Cerro del Chiquihuite

próximas décadas. Por su parte, los planes de desarrollo urbano vigentes no son congruentes con esta realidad y difícilmente podrían ser aplicados en la regulación y ordenamiento del desarrollo urbano futuro de las periferias de las ciudades. Asimismo, debe eliminarse la idea de que estas expansiones urbanas de bajos ingresos en las periferias de las ciudades son espontáneas o no planeadas. Hoy más que nunca dicho fenómeno cobra mayor complejidad, magnitud y dinámica, puesto que está fuertemente relacionado con la pobreza extrema, con fuertes intereses inmobiliarios privados, y a grupos sociales organizados y politizados. Indudablemente, el sistema de mercado inmobiliario urbano, con su ley de oferta y demanda, tiene limitaciones para procurar lotes y viviendas dentro del fondo legal, a precios accesibles a la población de bajos ingresos, esto induce a que los nuevos asentamientos se presenten en una diversidad de contextos físicos inadecuados como suelos de conservación, lomeríos, tierras de cultivo, tierras sub-utilizadas por ser volcánicas o salitrosas y en tierras ejidales de los poblados rurales cercanos. Si se identifican los patrones de estructuración urbana, las modalidades de lotificación o parcelación de la tierra, la organización en los usos del suelo y el deterioro ambiental que a lo largo del tiempo han presentado estos procesos de expansión y consolidación urbana, es posible derivar en criterios, normas y parámetros que posibiliten determinar sus tendencias de expansión y procesos de consolidación a futuro, datos que son conocimientos valiosos para el ordenamiento urbano y la conservación ambiental de las periferias. Tras décadas de gradual empobrecimiento del campo, los campesinos con parcelas próximas a la ciudad encuentran atractivo dejar de cultivar sus parcelas para especular con ellas, vendiendo lotes baratos destinados a la población de bajos ingresos. Como sabemos los terrenos son baratos porque son de tenencia ejidal o comunal, y son vendidos ilegal o "irregularmente" sin documentos protocolizados ante notario que amparen su adquisición y derechos de propietario, y sin cumplir con la normatividad urbana vigente en cuanto a servicios, equipamiento y vialidades. Es decir, por un lado se tiene un sistema rígido, caro y cerrado del mercado formal o "legal" urbano que tiene una capacidad limitada de atender la demanda de la población de bajos ingresos, ya que sólo les puede ofrecer cuartos baratos en renta, tipo vecindades. Por otro lado, se tiene que los ejidatarios abren una gran oferta de terrenos en un sistema abierto, informal o "ilegal", y que es flexible con precios al alcance de todos. Este es el contexto en el que se desarrolla la expansión urbana incontrolada, ocupaciones atomizadas de territorios llevadas a cabo predominantemente por familias de bajos ingresos que autoconstruyen progresivamente su vivienda y su entorno urbano.



Iztapalapa



Indios Verdes



Pedregal de Peñacotitla - Xochimilco

Las periferias urbanas cubren grandes extensiones territoriales en diferentes tipos de suelo y con distintas modalidades de organización urbana. Así, es posible identificar los siguientes patrones de expansión urbana incontrolada representativos del crecimiento de las periferias de las ciudades:

- **Periferia intermedia.** Se refiere a los intersticios urbanos que van quedando intactos en los procesos de expansión urbana incontrolada de las periferias. Estas áreas se conservan agrícolas en tanto que las parcelas colindantes son lotificadas, lo que hace que después de unos años los baldíos tengan en la proximidad equipamiento con servicios y suban de valor. Al volverse especulativos, los baldíos son desarrollados con mayor densidad (o menor dispersión) y se integran con mayor facilidad al tejido urbano circundante.
- **Colonias populares.** A diferencia de cuando la subdivisión de la tierra ocurre aislada e individualmente dentro de cada parcela ejidal o comunal; como un fenómeno de ocupación atomizada del territorio; en este patrón urbano son ejidos completos los que son lotificados, generalmente con un sistema urbano muy reticular ofreciendo lotes regulares de superficies uniformes. Usualmente los terrenos en que ocurren las lotificaciones son inservibles, por estar en suelos volcánicos, salitrosos, tepetatosos o tener mucha pendiente, y por lo tanto carecen de valor. Una vez que un ejido es ocupado, los ejidatarios del siguiente ejido lo lotifican, y así sucesivamente; cada ejido va formando colonias nuevas que se van agregando una a otra dentro de las periferias.
- **Pueblos rurales aislados.** Pequeños poblados dedicados a actividades preponderantemente agrícolas, aún alejados de la mancha urbana. Cuentan con suficiente equipamiento y servicios para atender su población, y están socialmente estructurados en barrios. Su expansión obedece a la baja presión de crecimiento demográfico natural de su población.
- **Pueblos en proceso de absorción metropolitana.** Por su proximidad se conurban aceleradamente con la mancha urbana metropolitana al ofrecer un sistema de equipamiento y servicios, y un poblado socialmente estructurado. La expansión urbana es explosiva y desordenada, y procede tanto de la subdivisión de lotes al interior del pueblo, como de la lotificación de parcelas ejidales. La dispersa e irracional ocupación del territorio genera con el tiempo conflictos urbanos de todo tipo: congestionamientos viales, insuficiencia de equipamiento, etc. Tradicionalmente estos pueblos desempeñan un papel protagónico en la expansión urbana de las periferias, ya que de ser rurales, se convierten en subcentros de las nuevas zonas de crecimiento e impulsan aún más la expansión incontrolada de la ciudad hacia sus periferias.



Ciudad de México - Avenida Insurgentes



Ciudad Azteca



Aragón

2.3 Panorama de la expansión urbana en la periferia sur-poniente de la Ciudad de México.

Con el fin de analizar la expansión que la mancha urbana ha tenido hacia la región sur-poniente de la Ciudad de México durante las últimas cuatro décadas, he considerado inicialmente el estudio de una zona que tiene como límites: al norte, a San Ángel y Ciudad Universitaria; al sur, la sierra del Ajusco; al poniente, el límite entre las delegaciones Tlalpan y Magdalena Contreras definido por el río Eslava; y al oriente, la Avenida Insurgentes Sur y Viaducto Tlalpan.

Resulta un hecho que la expansión urbana incontrolada en la periferia sur ha rebasado las estimaciones de investigadores y planificadores urbanos, y ha tenido una asombrosa tasa anual de crecimiento de 14.3% de 1967 a 1975, de 9.5% de 1975 a 1986, de 8.3% de 1986 a 1995, y de 4.2% de 1995 al 2004. Pero no obstante que la tasa de expansión urbana incontrolada está declinando, la transformación de hectáreas de actividad agrícola y de reserva ecológica a usos urbanos sigue creciendo. En cuatro décadas la mancha urbana de esta zona creció 10 veces. En este proceso de expansión urbana se pueden reconocer dos esquemas principales:

- la expansión urbana alrededor de poblados existentes, beneficiándose del equipamiento, servicios e infraestructura de estos; y
- la expansión urbana a través de lotificaciones populares, ubicándose sobre terrenos de tenencia ejidal o comunal de baja productividad agrícola o inservibles para cultivos por ser rocosos. Aquí se incluyen aquellas colonias cuyo crecimiento se ha producido sobre terrenos ejidales decretados originalmente como zonas de conservación ecológica por ser áreas boscosas y de recarga de los acuíferos del Valle de México, y cuya expansión es frenada sólo cuando se llega a un límite natural como lagos, topografías muy accidentadas, y ocasionalmente al límite de una reserva ecológica bardeada.

A continuación expongo, cronológicamente, el crecimiento de la ciudad en su periferia sur-poniente:

1967 La mancha urbana de la Ciudad de México se entendía hacia el sur hasta San Ángel y Ciudad Universitaria, comprendía además al sur-poniente el fraccionamiento residencial de Pedregal de San Ángel y la extensa lotificación popular de Pedregal de Santa Ursula al sur-oriente.



Magdalena Contreras



asentamiento irregular - paracaidistas

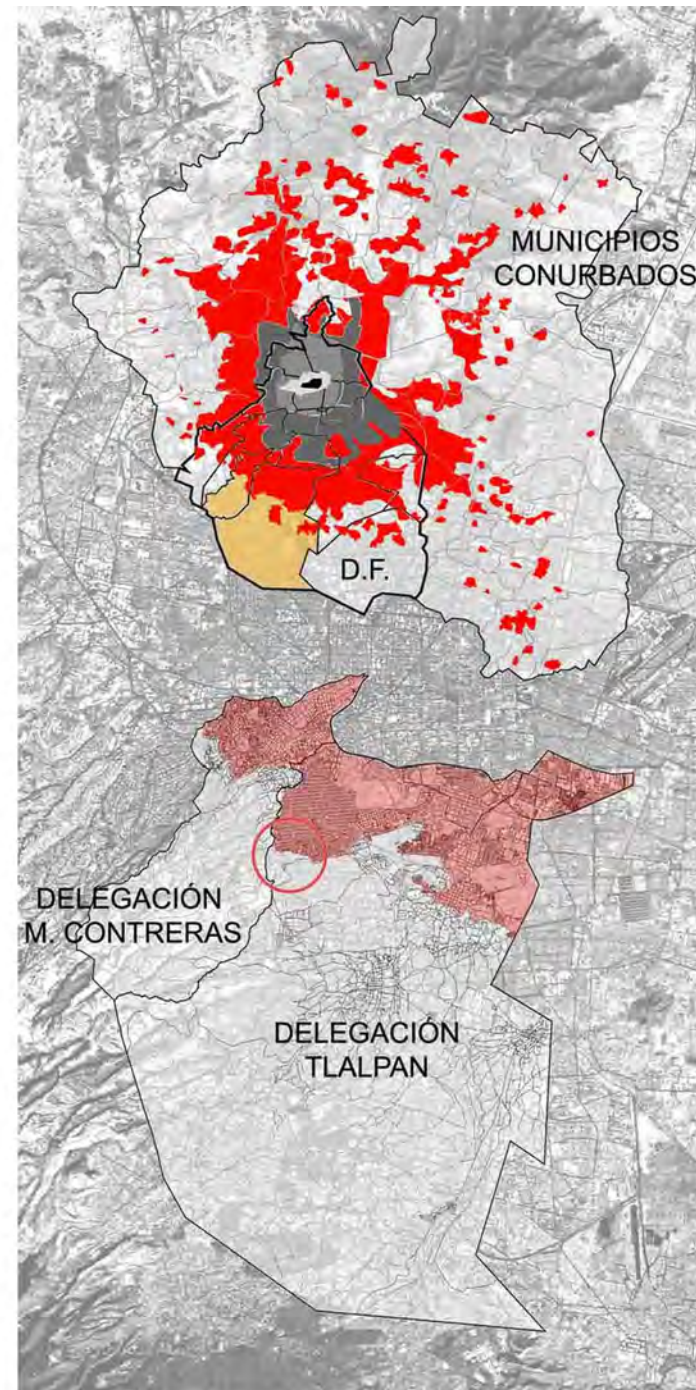


colonia popular

El anillo periférico y el Viaducto Tlalpan estaban en construcción acelerada, como preparativo de las Olimpiadas que se celebrarían al año siguiente y que habrían de comunicar a la Villa Olímpica, al canal de canotaje de Cuernavaca (ambas en construcción) y al estadio Azteca con el resto de la ciudad. En aquel entonces, la Avenida de los Insurgentes, espina dorsal de comunicación norte-sur de la ciudad, llegaba casi a CU, y desde ahí hacia el sur se convertía en una carretera de dos carriles que era la salida a Cuernavaca. Los pueblos de Tlalpan y Xochimilco estaban aislados de la mancha urbana, y los pueblos de Ajusco, Topilejo, Tepepan, Nativitas, Milpa Alta y San Pedro Atocpan, entre otros, eran totalmente rurales.

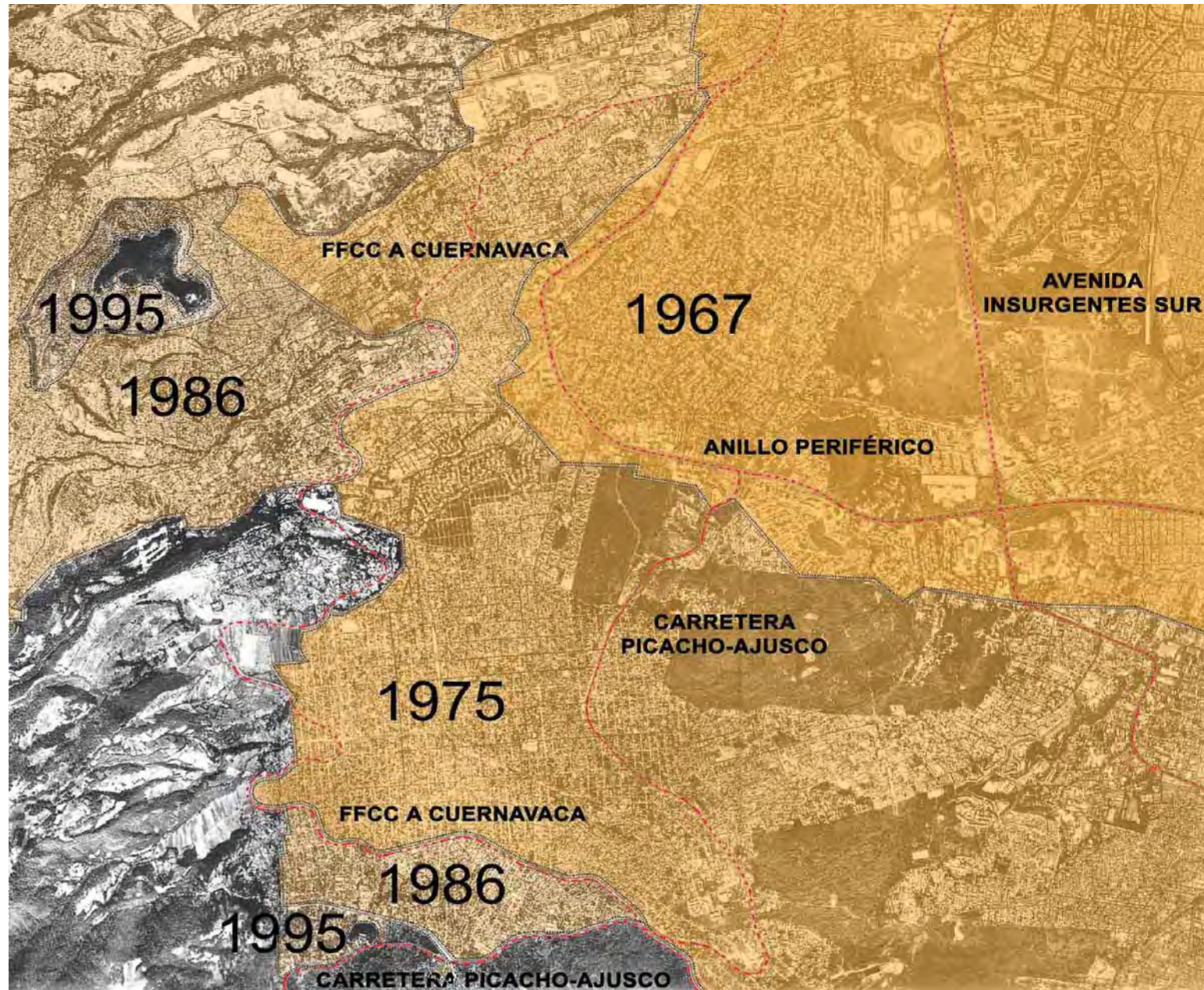
1975 El Anillo Periférico detonó la expansión urbana al sur de la ciudad al hacer accesibles enormes extensiones de terrenos baratos al desarrollo urbano, comunicándolos directamente con el centro de la ciudad. El pueblo de Tlalpan empezó a expandirse y a formar barrios como Tlalcolilgia y La Joya. Poblados como San Pedro Mártir y San Andrés Totoltepec empezaron a consolidarse. La construcción de la carretera Picacho-Ajusco posibilitó el acceso hacia una vasta zona pedregosa hasta entonces inaccesible, dando origen a la formación de las primeras colonias populares con la venta gradual pero generalizada de lotes ejidales alrededor de las zonas de Héroes de Padierna y Miguel Hidalgo.

1986 Los sismos de 1985 estimularon el desplazamiento y asentamiento masivo de la población hacia las periferias, sobre todo en los terrenos montañosos y sólidos del sur de la ciudad. La expansión urbana de la década anterior se fue consolidando, los lotes que habían quedado baldíos fueron gradualmente ocupándose y las viviendas inicialmente precarias y pequeñas se extendieron y mejoraron su construcción. La expansión urbana continuó hacia el sur-poniente. A la vasta zona ejidal de Héroes de Padierna y Miguel Hidalgo se le siguieron agregando nuevas colonias o ampliaciones de las existentes. En Tlalpan se desarrollaron grandes conjuntos habitacionales como Fuentes Brotantes y FOVISSSTE Tlalpan. Ya desde finales de los años setenta, pero sobre todo en la primera mitad de la década de los años ochenta, se originó un fuerte crecimiento por arriba de la cota de los 2,600 msnm, debido principalmente a promociones fraudulentas y a la venta ilegal de lotes que pertenecían a ejidos o tierras comunales hasta entonces agrícolas. Así fue como se crearon asentamientos como El Zacatón, San Nicolás II, Lomas de Cuilotepec, Miradores, Volcanes, Paraje 38, El Verano y La Primavera.



Expansión Urbana en la Zona Metropolitana y en el sur-poniente de la Ciudad de México

1995 La zona de Héroes de Padierna se expandió aún más al poniente, hacia el pueblo de Contreras. Colonias como Miguel Hidalgo y Miradores al no contar con más terreno iniciaron un proceso de consolidación. Para entonces, los únicos terrenos aún agrícolas eran ya los de San Andrés Totoltepec, Magdalena Petlalcalco y San Miguel Xicalco en Tlalpan, que al estar tan próximos a la mancha empezaron a ocuparse. Los asentamientos de El Zacatón y San Nicolás II, se expanden hacia la reserva ecológica, surge el asentamiento Los Zorros, hoy Solidaridad.



3.1 Delegación Tlalpan. Medio físico.

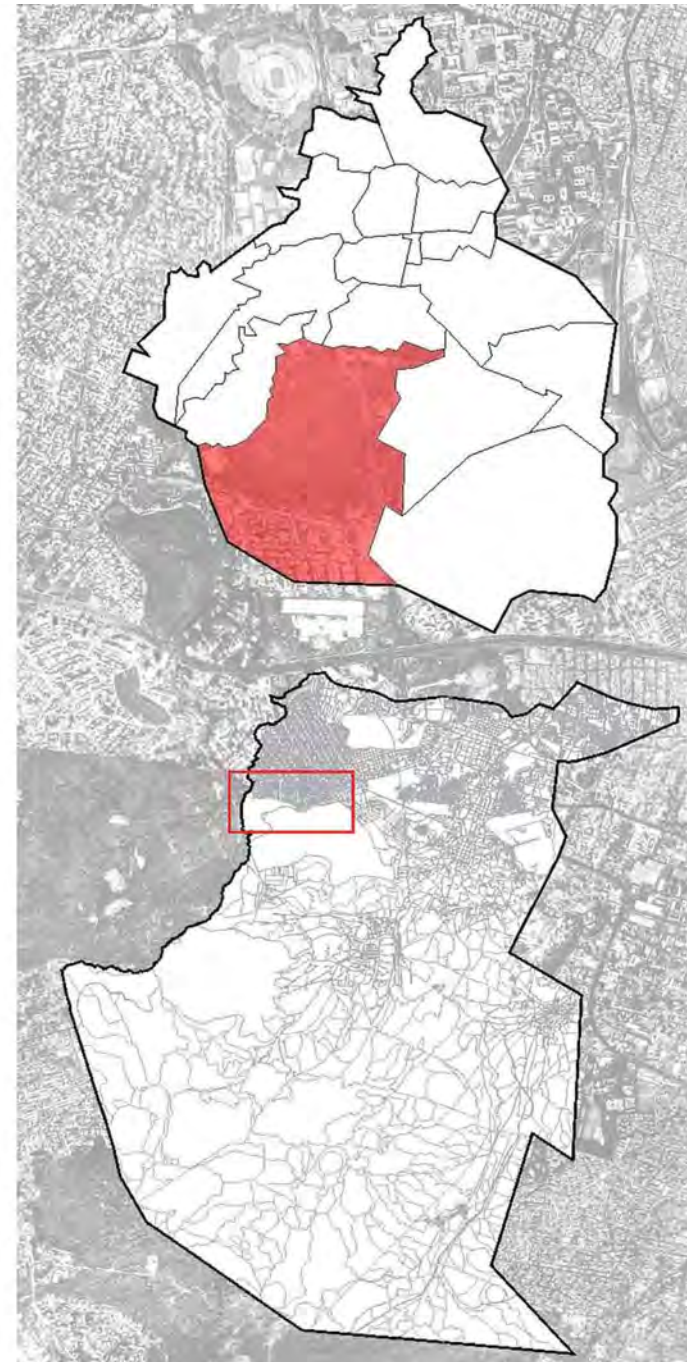
La Delegación Tlalpan posee una superficie de 30,449 hectáreas, que representan el 20.6% de la superficie total del Distrito Federal (148,353 has). El suelo urbano está conformado por 5,023 has., y el suelo de conservación por 25,426 has, con el 16.4% y el 83.6% respectivamente; y aunque estos porcentajes no han alterado la Zonificación Primaria de 1988; el suelo de conservación se ha modificado notablemente a causa de los desbordamientos del área urbana, poblados rurales y asentamientos irregulares.

El área de conservación ecológica y la zona rural de Tlalpan significan para la Ciudad de México alrededor de 27 mil hectáreas de bosques, praderas y zonas de recarga de agua potable a los mantos acuíferos, por ello su preservación debe considerarse prioritaria.

Desde los años sesenta Tlalpan ha sido una zona importante para el crecimiento de la ciudad, con la particularidad de que se ha dado en terrenos no del todo aptos para el desarrollo urbano, debido a la poca accesibilidad que le brinda la topografía. No obstante, juega un papel trascendental en el desarrollo urbano del sector sur poniente del D.F., ya que se presenta como una alternativa inmobiliaria por el porcentaje de reserva territorial en suelo urbano.

El territorio de la delegación tiene un relieve predominantemente montañoso y de origen volcánico (Cerro La Cruz del Marqués, Cerro Pico del Águila, Volcán Cerro Pelado, Volcán Acopiaco, Volcán Tesoyo y el Volcán Xitle). Es una zona boscosa, por lo tanto generadora de oxígeno y de recarga acuífera; pero hoy en día presenta grave deterioro, sobre todo en la parte que colinda con suelo urbano, originado por la tala inmoderada, la práctica de una agricultura de subsistencia y la invasión que se realiza en terrenos del Suelo de Conservación, en la parte más fértil de la Cuenca de México.

La Comisión de Recursos Naturales (CORENA) considera nuestra zona de estudio, en la que se encuentran el Parque Nacional Cumbres del Ajusco, el Parque Nacional Fuentes Brotantes (originalmente con 129 has., de las que en la actualidad sólo existen unas 20) y el Parque Ecológico de la Ciudad de México, como Área Natural Protegida (ANP) y pretende garantizar su protección a través de un programa de manejo ecoturístico aplicable a las siguientes unidades ambientales:



Sierra del Ajusco

El área cubre funciones básicas de intercepción eólica y pluvial, ayuda a la regeneración de los mantos acuíferos del suelo y subsuelo; su condición arbórea brinda equilibrio climático, a la vez que constituye una zona de reserva genética y de refugio de la fauna. Su importancia ecológica ha sido reconocida con la creación del Parque Nacional Cumbres del Ajusco (920 has.) y del Parque Ecológico de la Ciudad de México (727 has) que ha sido víctima ya de las invasiones.

Pedregal del Xitle

Por su situación y grado de permeabilidad es una excelente zona de recarga de los acuíferos profundos y superficiales de la planicie del sur del D. F., además es el único sitio que conserva la formación de encinos que ocupan las partes bajas de la cuenca; sirve de pantalla para los vientos y facilita con ello la depositación de la precipitación pluvial, esto lo convierte en una reserva genética de la vegetación y la fauna silvestre.

Cinturón Norte Ajusco – Teutli

Debido a su situación respecto a la planicie y su grado de permeabilidad, esta zona sirve de recarga superficial para los acuíferos de las partes bajas y, al propiciar la infiltración del agua, controla los procesos morfogenéticos dirigidos por acciones hídricas; ambas funciones han sido debilitadas por el uso indiscriminado del suelo y la deforestación.

Cinturón Sur Cerro Pelado – Tilcuayo

Esta zona corresponde a la parte más elevada de la Sierra Chichinautzin, cumple funciones de recarga acuífera y de alimentación freática, así como de reserva forestal con influencias altamente positivas en las áreas circunvecinas; además, por sus características volcánicas como por su vegetación tiene un valioso atractivo ambiental.

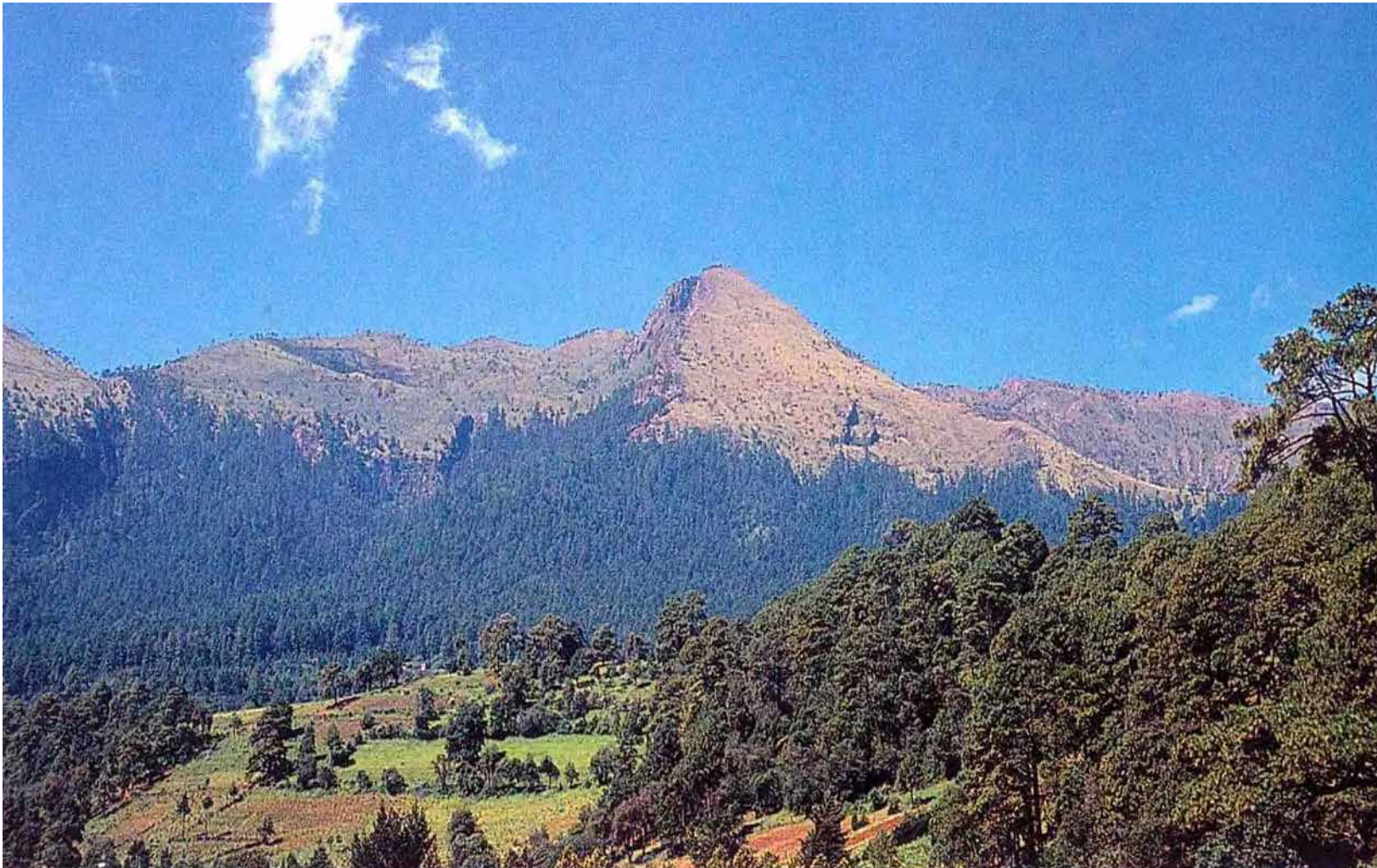
Existe una distribución desequilibrada del uso del suelo. Las áreas verdes son insuficientes, el promedio de dotación de áreas verdes por habitante en la delegación es de 2.5 m², tomando en cuenta que existen aproximadamente 150 has., de áreas verdes de parques y jardines inmersos dentro del área urbanizada, sin tomar en cuenta las grandes áreas verdes tanto de uso recreativo y como las de uso rural (Bosque de Tlalpan y el suelo de conservación). La delegación presenta áreas deforestadas que requieren de una reforestación acompañada de un saneamiento, tal es el caso del Parque Nacional Cumbres del Ajusco donde existe además la tala clandestina debido a la falta de vigilancia.



La vegetación se constituye básicamente por el llamado "palo loco" en forma extensa y cubre todo el pedregal. Éste es una variedad de matorral heterogéneo con diferencias en su composición floral. También se produce pirul y encino de varias especies, duras principalmente. Le sigue el pino, al sur y sureste del Xictle y en las regiones altas del Ajusco, pero también encontramos gran variedad de ocote, jacalote, oyamel y aile.

En cuanto a la vegetación de la región montañosa la constituye el bosque de coníferas y diversas especies de cedros. La vegetación arbórea, la constituye el madroño, cuchara y huejote. Únicamente en las cimas de los cerros y junto a pinos y oyameles, crecen algunos helechos y musgos.

En la superficie del suelo de las regiones donde crece el pino, se forma una cubierta herbácea nutrida que defiende al suelo contra la erosión. Crece abundantemente el zacate grueso, zacatón de cola de ratón, zacayumaque, zacate blanco, pasto de escoba y pasto amarillo. Dentro de los matorrales, crece jarilla verde, limoncillo, zarzal, escoba o perilla, chía, hediondilla y mejorana.



Parque Nacional Cumbres del Ajusco

El clima es muy favorable ya que una gran extensión de la delegación tiene características rurales, en donde se desarrollan actividades agrícolas que están representadas por el cultivo de la avena, forraje verde y maíz. La actividad forestal desempeña también un papel importante, debido a que gran parte del territorio de Tlalpan está constituido por bosques, siendo la vegetación más importante la de coníferas, representadas por especies como el pino y oyamel.

La fauna silvestre tiene su pleno desarrollo dentro del pedregal, porque en las fisuras de las rocas existe vegetación de zacatón y palo loco, propiciando la proliferación de roedores como tlacuache, conejo, ardilla, armadillo y tuza; aunque también existen mamíferos como zorrillos y coyotes. Principalmente en las laderas del Ajusco, a unos 2,800 metros sobre el nivel del mar, habita el conejo de los volcanes conocido como teporingo, zacatucho, conejo de las rocas o tepolito. Este animalito es endémico de la fauna mexicana y reside muy en particular en las zonas montañosas del Ajusco y de la Sierra Nevada, cuyas superficies están cubiertas de zacate. En las cañadas del Ajusco todavía abundan reptiles como la tortuga de aguas pantanosas, lagartija, culebra de tierra y de agua, coralillos y víboras de cascabel. Las aves que abundan son especies comunes como el gorrión, alondra y pájaro carpintero.



Límite poniente del AMCM en la Sierra de las Cruces, al fondo el Ajusco

3.2 Ajusco medio. Estructura urbana.

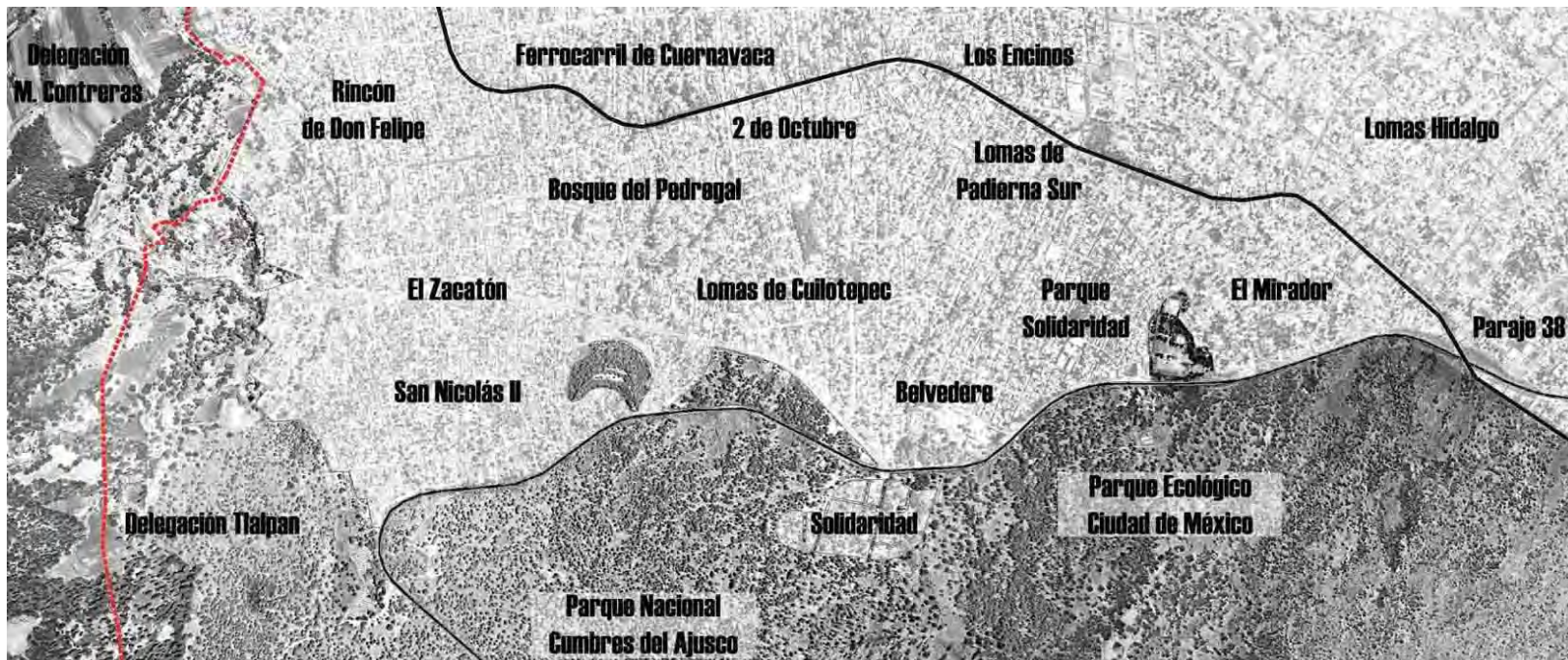
El tejido urbano está constituido por dos zonas principales:

Zona de los Pedregales

Constituye una zona eminentemente habitacional con una traza reticular en su mayor parte y una traza irregular en su parte alta, concentrando los servicios y comercios a lo largo de las calles principales. Cuenta con servicio de energía eléctrica prácticamente en su totalidad; en alumbrado público alcanza un 80% de cobertura en condiciones regulares de servicio y cuenta con calles pavimentadas en la mayor parte, sin embargo no se cuenta con guarniciones ni banquetas, excepto sobre las calles principales. En general se cuenta con equipamiento insuficiente en sus diferentes servicios, entre los que cabe mencionar el educativo de nivel medio básico y medio superior; en salud, clínicas de primer contacto; en abasto, mercados públicos; y en transporte, insuficiencia en el parque vehicular. Presenta zonas bien definidas destinadas a centros de barrio, y algunos espacios destinados al equipamiento básico. Predominan alturas de 2 y 3 niveles. La densidad poblacional media es de 200 hab/ha.

Zonas pobladas en Suelo de Conservación

En suelo de conservación se ubican los poblados de Rincón de Don Felipe, El Zacatón, San Nicolás II, Lomas de Cuilotepec, Solidaridad, Belvedere, El Mirador, Paraje 38, El Verano, La Primavera, San Andrés Totoltepec, San Miguel Xicalco, Magdalena Petlacalco, San Miguel y Santo Tomás Ajusco, San Miguel Topilejo y Parres el Guarda. En lo general presentan una traza irregular, con secciones viales angostas, adaptadas a la topografía del lugar. Las actividades de servicios, comercio y culturales se realizan en los cascos de cada poblado. Estos asentamientos presentan gran déficit en la cobertura de servicios (agua, drenaje, electricidad y alumbrado) a causa del carácter de asentamiento irregular que poseen y por la accidentada topografía en la que se encuentran.



Existen tres componentes básicos en la estructura urbana:

- La vialidad, como elemento unificador entre áreas, zonas, poblados, barrios y colonias.
- Los usos del suelo y la distribución de sus actividades.
- La ubicación de servicios y equipamientos principales.

3.2.1 Vialidad y transporte

En general, las vialidades responden a las limitantes que impone la topografía. Aquellas cuyo desarrollo se da en forma ortogonal a las curvas de nivel, presentan pendientes muy elevadas y son angostas dado que su uso es exclusivo para la vida interior de las colonias; la mayoría de ellas están pavimentadas como consecuencia de la irregularidad e inconclusa consolidación de los asentamientos. En contraparte, las vialidades que se desarrollan paralelas a las curvas de nivel tienen pendientes menores y son amplias; y a falta de centros de barrio definidos, se constituyen no sólo como ejes comerciales y primarios de transporte público, sino además en lugares de intercambio y socialización. Este es el caso de la Avenida Bosques, principal eje comercial y de transporte en nuestra zona, que conecta a las colonias con la carretera Picacho – Ajusco y de ahí con el resto de la zona sur de la ciudad. La intersección entre ambas vialidades representa un cruce conflictivo originado, en gran parte, por el sistema de transporte, ya que los Microbuses Ruta 39 y 40, al no respetar las paradas autorizadas, obstruyen la circulación hacia el interior de las colonias. Por su amplitud, la ruta del Ferrocarril de Cuernavaca podría ser clave, junto con la Avenida Bosques, en brindar claridad y salida, hacia la carretera Picacho – Ajusco, a la intrincada red de calles provenientes de los poblados en vías de consolidación; sin embargo, las laterales a la vía del tren no se encuentran pavimentadas y en algunas partes no tienen continuidad.



3.2.2 Usos del suelo

De acuerdo con el Programa Parcial de Desarrollo Urbano, la distribución de usos del suelo se desagrega en 3,745.23 has., el uso habitacional comprende el 12.28% de la superficie total de la delegación; 548.08 has., son de uso mixto (habitacional, servicios, equipamiento e industria) que corresponden al 1.8%; 426.24 has., se destinan al equipamiento urbano, 1.4% con respecto al total del territorio Delegacional; 340.49 has., constituyen a los espacios abiertos representando el 1.12% de la superficie total y 25,424.0 has., son consideradas como de conservación ecológica, representando el 83.4% del área delegacional.

La siguiente tabla muestra una comparación en la distribución de usos de suelo entre la delegación Tlalpan y el D.F.

Usos del suelo	Sup./Ha.	% con Respecto al D.F.
Habitacional	3,745.23	12.28
Mixtos	548.08	1.80
Equipamiento	426.29	1.40
Espacios abiertos	340.49	1.12
Área de conservación ecológica	25,425.91	83.50
Total	30,449.00	100.00

Fuente: Diario Oficial de la Federación

Por zonificación se entiende a todas aquellas manzanas o zonas tipo dentro de su territorio que contienen un uso del suelo predominante.

Conforme a lo anterior en nuestro polígono encontramos las siguientes zonificaciones:

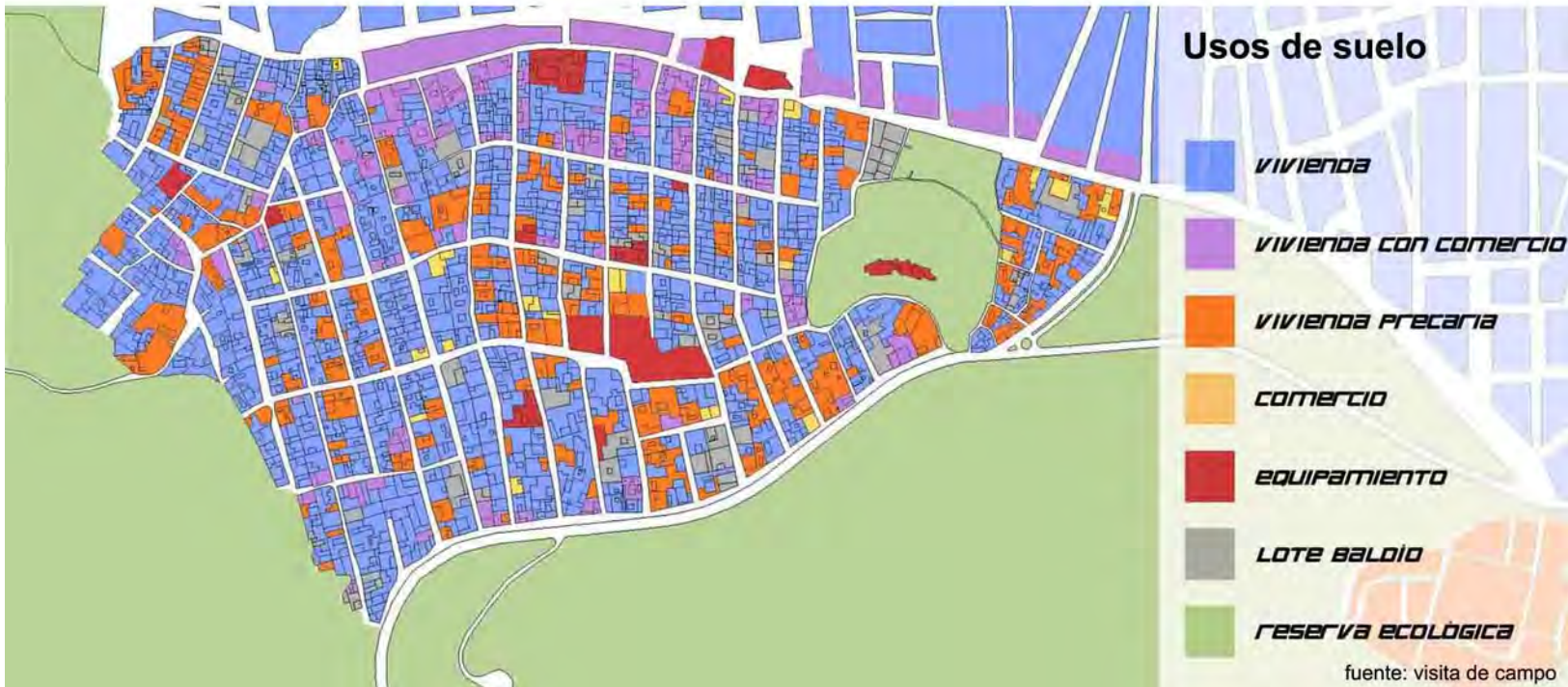
Habitacional (H). Este uso se aplica principalmente al interior de las colonias típicamente habitacionales o en donde la comunidad ha solicitado se mantenga este uso, por lo que se debe evitar la proliferación de comercios y servicios, los que resultan incompatibles con la tipología de la vivienda y la estructura de las mismas.

Habitacional con comercio en planta baja (HC). Se aplica en áreas que combinan la vivienda con comercio en planta baja y servicios. Asimismo, corresponde a las características socioeconómicas de la población, reflejada a su vez en la tipología de la vivienda y en la estructura de barrios y colonias.

Centro de barrio y de equipamiento (CB). Esta zonificación permite el establecimiento de cualquier tipo de servicios; se propone para usos ya establecidos o terrenos baldíos en donde ya está comprometido el establecimiento de determinado servicio público. Los giros sujetos a licencia de usos del suelo serán aquellos que establece el Reglamento de la Ley de Desarrollo Urbano, además de lo que especifica la Ley Ambiental del Distrito Federal. En estas zonas se posibilita el establecimiento de vivienda, comercio, servicios y equipamiento básico público y privado de servicios a zonas habitacionales.

Espacios abiertos (EA). Se aplica en los parques, jardines, plazas y áreas jardinadas de vialidades, no se permite ningún tipo de construcción, salvo aquellas instalaciones necesarias para su conservación.

Área Natural Protegida (ANP). Son áreas donde aún se conservan sus características naturales tanto en su topografía como vegetación y en las que se propone su recuperación y conservación como áreas de valor ambiental.



El Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal determina que el territorio delegacional se divide en suelo urbano y suelo de conservación, siendo suelo urbano alrededor del 16.5% de la superficie total y el 83.5% restante suelo de conservación.

- **Zona de suelo de conservación.** En esta parte de la delegación, en la que se ubica nuestro polígono, predominan los usos de suelo relacionados al suelo de conservación en sus diferentes modalidades: los que se destinan al rescate ecológico, a la producción rural agroindustrial y a los de preservación ecológica. En estos terrenos encontramos tanto poblados rurales como asentamientos irregulares, al interior de éstos prevalece el uso habitacional, predominando como máximo los dos niveles de construcción y una densidad baja, por lo general inferior a 100 habitantes por hectárea.

Colonia catastral	Densidad hab/ha	Alt. Máx. (niveles)	Alt. Prom. (niveles)	Lote tipo (m ²)	Área libre (%)
Ampliación Padierna	102	3	2	250	20
Ampliación M. Hidalgo	110	3	2	250	20
Belvedere	59	2	2	150	20
Belvedere Eslava	120	2	2	150	20
Bosque del Pedregal	88	2	2	150	20
Dos de Octubre	134	3	2	250	20
Ejido de San Andrés	170	2	2	500	20
El Mirador I	210	3	2	500	25
El Mirador II	207	2	2	500	25
Héroes de Padierna	126	3	2	250	25
Lomas de Padierna	152	3	2	250	25
M. Hidalgo 1 ^a sección	85	3	2	250	25
M. Hidalgo 2 ^a sección	85	4	2	250	25
Pedregal Chichicapatl	170	2	1	250	25
Pedregal San Nicolás 1 ^a	93	2	1	250	20
Pedregal San Nicolás 2 ^a	106	2	1	250	20
Pedregal San Nicolás 3 ^a	97	2	1	250	20
Pedregal San Nicolás 4 ^a	107	2	1	250	20
Pedregal San Nicolás 5 ^a	80	2	1	250	20
San Andrés Totoltepec	35	3	2	500	40
Chimili	128	2	2	250	30

Fuente: INEGI, 2002

3.2.3 Asentamientos irregulares

Con el Plan Parcial de 1987 se estableció un límite entre el suelo urbano y suelo de conservación perteneciente a la Delegación Tlalpan; sin embargo, continuaron los desbordamientos del área urbana y de los poblados rurales sobre suelo de conservación. Actualmente, las autoridades de la delegación indican la existencia de 114 asentamientos en suelo de conservación, mientras que la Comisión de Recursos Naturales (CORENA) ha contabilizado un total de 168 asentamientos irregulares, algunos de los cuales son Programas Parciales Vigentes (antes Zedec's) y otros tienen un acuerdo de modificación al uso del suelo por resolución definitiva. En términos de población puede decirse que, en el conjunto de estos asentamientos, se ubican unas 8,000 viviendas (6,552 viviendas en 1994) donde viven alrededor de 36 mil personas.

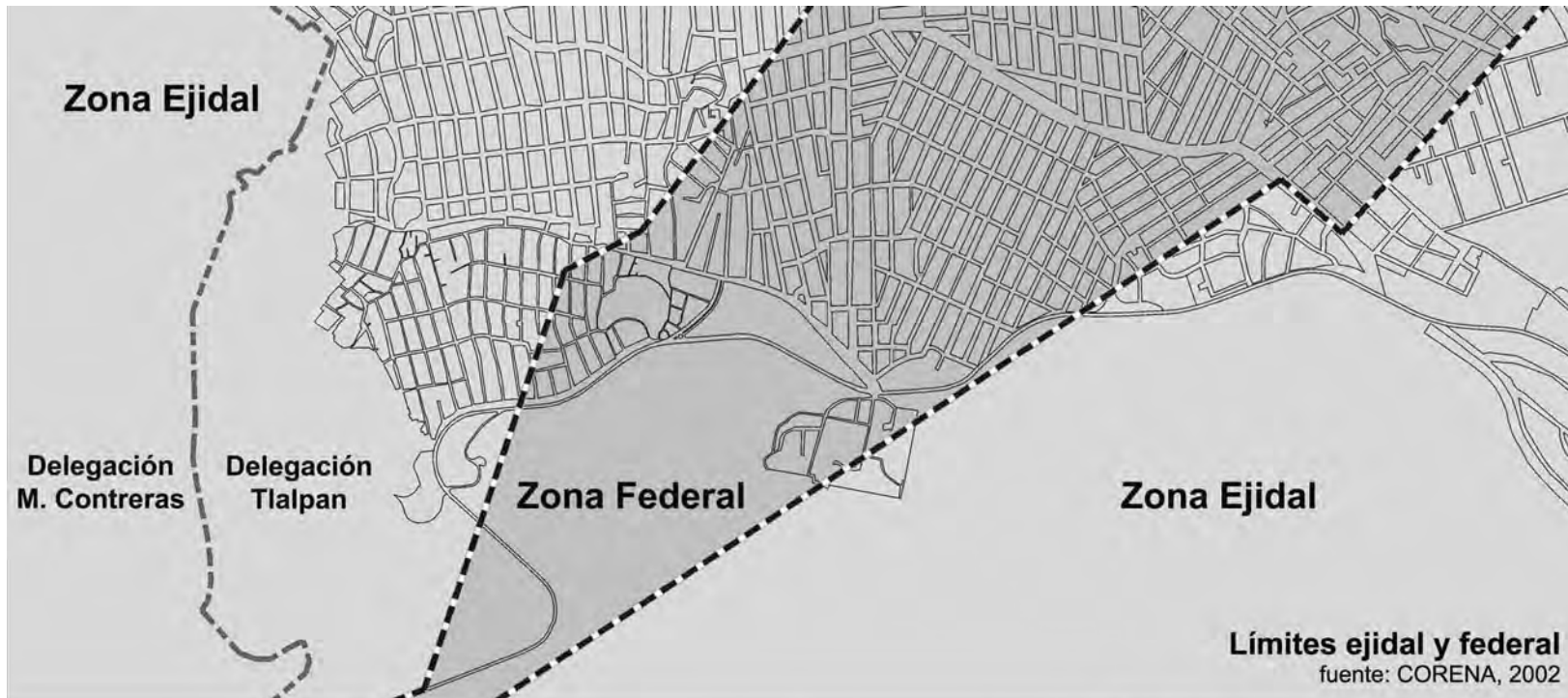
La CORENA en acuerdo con la Delegación Tlalpan proponen los siguientes criterios para la evaluación de las propuestas de tratamiento para cada asentamiento. Estos criterios atienden a factores:

- **Sociales.** Debe tomarse en cuenta la antigüedad, aceptación del asentamiento humano, su conformación poblacional (número y nivel socioeconómico).
- **Físicos.** Deben evaluarse los usos actuales, su ubicación con respecto a un área ya urbanizada (regularizada en su uso del suelo), servicios, grado de consolidación de las viviendas, superficie total y situación de riesgo (geológico o hidrológico).
- **Ambientales.** Deben valorarse la degradación de las características naturales de la zona como la deforestación, impermeabilización del suelo, etc., grado de contaminación, valoración del potencial del suelo y su ubicación cuando se encuentra en un Área Natural Protegida.

Los criterios antes mencionados, no corresponden a una jerarquización en la cual se tenga un valor diferencial, sino a una interrelación en donde se valoran las características actuales de los asentamientos, para dar una solución a su situación, cuyo objetivo es el de equilibrar el comportamiento urbano con las funciones ambientales del Suelo de Conservación.

El problema de la irregularidad de la tenencia de la tierra para uso urbano no ha sido abordado a fin de regular y en medida de lo posible detener el crecimiento. La necesidad de crear espacios para alojar los asentamientos urbanos se ha resuelto mediante fraccionamientos irregulares de ejidos, comunidades o bienes públicos en los que se mezclan las necesidades de colonos y ejidatarios de bajos recursos, convirtiéndose en una fuente real de graves conflictos sociales y legales.





La zona de estudio cuenta con 4 asentamientos irregulares principales: El Zacatón, San Nicolás II, Lomas de Cuilotepec y Solidaridad, los cuales se encuentran en suelo de Reserva Ecológica (RE) según la Carta de Zonificación y Normas de Ordenación de 1997 de la Delegación Tlalpan; todos ellos ubicados en la zona denominada Ajusco medio, cuyas principales vías de comunicación son la carretera Picacho-Ajusco y la Avenida Bosques.

Esta zona está conformada por un elevado porcentaje de suelo de conservación. Los poblados ubicados en él, presentan carencias en torno a servicios públicos e infraestructura. Ello es el resultado también de una estructura socioeconómica altamente polarizada como lo demuestra el hecho de que casi el 60% de su población gane menos de dos salarios mínimos. En el extremo opuesto se encuentra un reducido porcentaje con niveles aceptables de vida. Lo anterior se expresa territorialmente en una desigual distribución de equipamiento y servicios.

El área urbana de la delegación, contempla un porcentaje importante de reserva territorial para el crecimiento y saturación en el futuro, pero la idea de la generación del borde es precisamente la de impedir esto, al tiempo que se obliga a una aceleración en los procesos de consolidación.

Asentamiento	Superficie (hectáreas)	Habitantes	Número de familias	Antigüedad (años)
El Zacatón	16	1968	656	26
San Nicolás II	8	2748	699	24
Lomas de Cuilotepec	7	1076	387	23
Solidaridad	3	198	53	20

Fuente: CORENA, 2002

El Zacatón

Se ubica en una zona de riesgo donde se localizan dos accidentes topográficos, el arroyo Seco que cruza de norte a sur el asentamiento afectando a algunas manzanas por el paso de su cauce y el arroyo Viborillas al límite con la delegación Magdalena Contreras. Cuenta con una superficie de 160,200 m² (16 ha.) y se encuentra sobre suelo de reserva ecológica con un uso de lote habitacional constituido por 24 manzanas y 568 lotes.

El asentamiento cuenta con 1968 habitantes integrados en 656 familias, el 69% percibe de 1 a 2.4 salarios mínimos y el 39% son amas de casa. El 64% del asentamiento se encuentra en calidad de poseedores, el 20.25% cuentan con sesión de derechos o constancia de posesión otorgadas por los ejidatarios y el 14.96% con contrato de compra venta simple. El régimen de población es ejidal y el asentamiento cuenta con una antigüedad de 26 años aproximadamente.

Uso del lote	Número de lotes	Porcentaje %
HD	481	84.69
HP	30	5.28
DH	13	2.29
Comercio	19	3.35
Baldío	25	4.40
Total	568	100

San Nicolás II

Cuenta con una superficie de 80,000 m² (8 ha.) La población se encuentra asentada en suelo de Reserva Ecológica (RE). Actualmente se encuentra ocupado por Uso Habitacional constituido por 43 manzanas y 822 lotes. El asentamiento cuenta con una población de 2.748 habitantes que se encuentran integrados por 699 familias. El 65% de la población percibe de 1 a 2.4 salarios mínimos y el 37% son amas de casa. De los cuales un 20% trabaja por su propia cuenta y un 15% es empleado. El 24.33% del asentamiento cuenta con cesión de derechos, el 2.68% cuentan con constancia de posesión otorgadas por los ejidatarios, el 8.52% cuenta con contrato de compra venta simple y el 64.47% solo se encuentra en calidad de poseedores. La posesión del lote se adquirió en un 64.47% de palabra pagando un monto total por el predio, sin recibir ningún documento que lo acreditara como dueño. El 2.68% mediante constancias de posesión, el 24.33% por cesión de derechos y 8.52% por contratos de compra venta simple. El asentamiento se encuentra en régimen de propiedad ejidal y cuenta con una antigüedad de 24 años aproximadamente cuentan con agua por servicio de pipa, luz, alumbrado público y uso de fosa séptica, con calles semi-pavimentadas, no cuenta con banquetas ni guarniciones.

Uso del lote	Número de lotes	Porcentaje %
HD	585	71.17
HP	72	8.76
DH	75	9.12
Comercio	40	4.87
Baldío	39	4.74
Sin datos	11	1.34
Total	822	100

Lomas de Cuilotepec II

Cuenta con una superficie de 7,020 m² (7 ha). La población se encuentra asentada en suelo de Reserva Ecológica (RE), la cual por sus características ecológicas se encuentra constituida por elementos naturales cuyo destino es de preservar y conservar las condiciones de mejoramiento del medio ambiente. Actualmente se encuentra ocupado por Uso Habitacional, constituido por 20 manzanas y 340 lotes. El asentamiento se considera con riesgo medio debido a que se encuentra sobre territorio con pendientes muy pronunciadas. Cuenta con una población de 1076 habitantes en 387 familias, de los cuales, el 65% percibe de 1 a 2.4 salarios mínimos y el 37% de ocupación de la población son amas de casa. El 50% de la población es gente joven de 16 a 30 años. La población se encuentra en calidad de poseedores, un 45% de los habitantes no cuenta con un contrato de compra venta o cesión de derechos con qué acreditar la propiedad, sin embargo, el régimen de propiedad es propiedad privada bajo un convenio firmado el 17 de julio de 2000. La forma de adquisición de los lotes fue en un 34.12% de palabra o común acuerdo con ejidatarios pertenecientes al poblado de San Nicolás Totoloapan, debido a que los ejidatarios vendieron una propiedad que no era parte del ejido. El 23.53% acredita su posesión mediante presentación de recibos de pago de luz o teléfono, el 18.82% por cesión de derechos y el 4.71% por contratos de compra venta simple. Este poblado cuenta con una antigüedad de 23 años aproximadamente y cuenta con los servicios de luz, alumbrado público, agua por medio del servicio de pipa y fosa séptica. No cuenta con calles pavimentadas ni banquetas.

Uso del lote	Número de lotes	Porcentaje %
HD	328	96.47
HP	4	1.18
DH	0	0
Comercio	4	1.18
Baldío	4	1.18
Total	340	100

Solidaridad (antes Los Zorros)

Se encuentra ubicado dentro del Parque Ecológico de la Ciudad de México ocupando, de manera clandestina, una superficie de 30,000 m² (3 has.). En 1988 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la expropiación para el Parque Ecológico de la Ciudad de México y se declaró como Área Natural Protegida (ANP) un 70% dentro del Parque Ecológico y el 30% se ubica en Suelo de Conservación de Preservación Ecológica (PE), correspondiendo esta área al ejido de San Andrés Totoltepec según consta en el Registro Agrario Nacional. El Área de Regularización y Ordenamiento Territorial del Área Natural Protegida señalan que se empezó a habitar este asentamiento desde 1982 por gente del pueblo de San Andrés. En 1989 se registraron 27 familias dentro del predio. En 1992 se firmó un acuerdo entre los pobladores del asentamiento y la COCODER en donde se señalan las bases de concertación que obligan al asentamiento a no hacer ninguna modificación o ampliación de las viviendas y a un proceso de reubicación de la población, en ese mismo año se efectuó una primera reubicación. En 1993 se registraron 24 familias después de la reubicación llevada a cabo un año antes. En 1994 llegan a vivir nuevas familias siendo un total de 28, la organización Tierra y Libertad solicitó los servicios de electricidad. En 1995 se reubicó a 53 familias registrándose 30 viviendas provisionales en el asentamiento. En 1998 se llevó a cabo una demanda de reubicación de 9 familias que se quedaron en el asentamiento por la Unión Revolucionaria de Colonias Populares del Distrito Federal. Actualmente la Unión para la Defensa del Patrimonio Familiar "Ricardo Flores Magón" esta solicitando la regularización de tenencia de la tierra y se sigue incrementando la ocupación de los predios. La adquisición de estos ha sido por medio de contratos de compraventa simples aunque los vendedores no acreditan la propiedad de forma legal. La adquisición de los servicios de agua y luz se efectúan de manera clandestina.

3.2.4 Infraestructura

En términos generales, la Delegación Tlalpan tiene una cobertura del servicio de agua potable del 100%. De esta cobertura el 96% es a través de toma domiciliaria y el 4% restante por medio de carros tanque, considerando a zonas dentro del suelo urbano y los pueblos localizados dentro del suelo de conservación. En nuestra zona de estudio, la cobertura del servicio de agua potable es inferior al 75%, el servicio es brindado principalmente por pipas. El agua potable que se consume se obtiene principalmente de los manantiales ubicados en el cerro del Ajusco y de los pozos profundos ubicados al norte y centro de Tlalpan. De éstos, la mayoría alimenta directamente a la red de distribución cuya calidad para su consumo se considera aceptable. En la zona conocida como los Pedregales, la distribución del agua proveniente del Sistema Lerma-Cutzamala se efectúa por medio de una línea que sale de la trifurcación



Providencia y otra del tanque San Francisco ubicado en Magdalena Contreras, el cual alimenta al tanque Fuentes del Pedregal y TC-4, respectivamente. Debido a que en la zona se presenta un relieve muy accidentado por estar asentada en su mayor parte sobre la Sierra del Ajusco, la distribución del agua se realiza a base de tanques de regulación, que abastecen por gravedad a las zonas bajas y a través de rebombes escalonados que alimentan a las partes altas. Estas estructuras se localizan en las zonas de Padierna, Miguel Hidalgo, Vértebra de Tlalpan y en los pueblos ubicados dentro del Suelo de Conservación. Las zonas que no cuentan con infraestructura son abastecidas a través de carros tanque que son llenados con garzas existentes en la delegación. Las colonias con carencia total de la red de distribución y abastecidas por medio de carros tanque son: El Divisadero, La Palma, Lomas Hidalgo, Cruz del Farol, Chimilli, Lomas de Padierna Sur, Mirador II, Topilejo, Tecorral, El Zacatón, San Nicolás II, Lomas de Cuilotepec, Solidaridad, Belvedere, El Verano, La Primavera y Paraje 38.

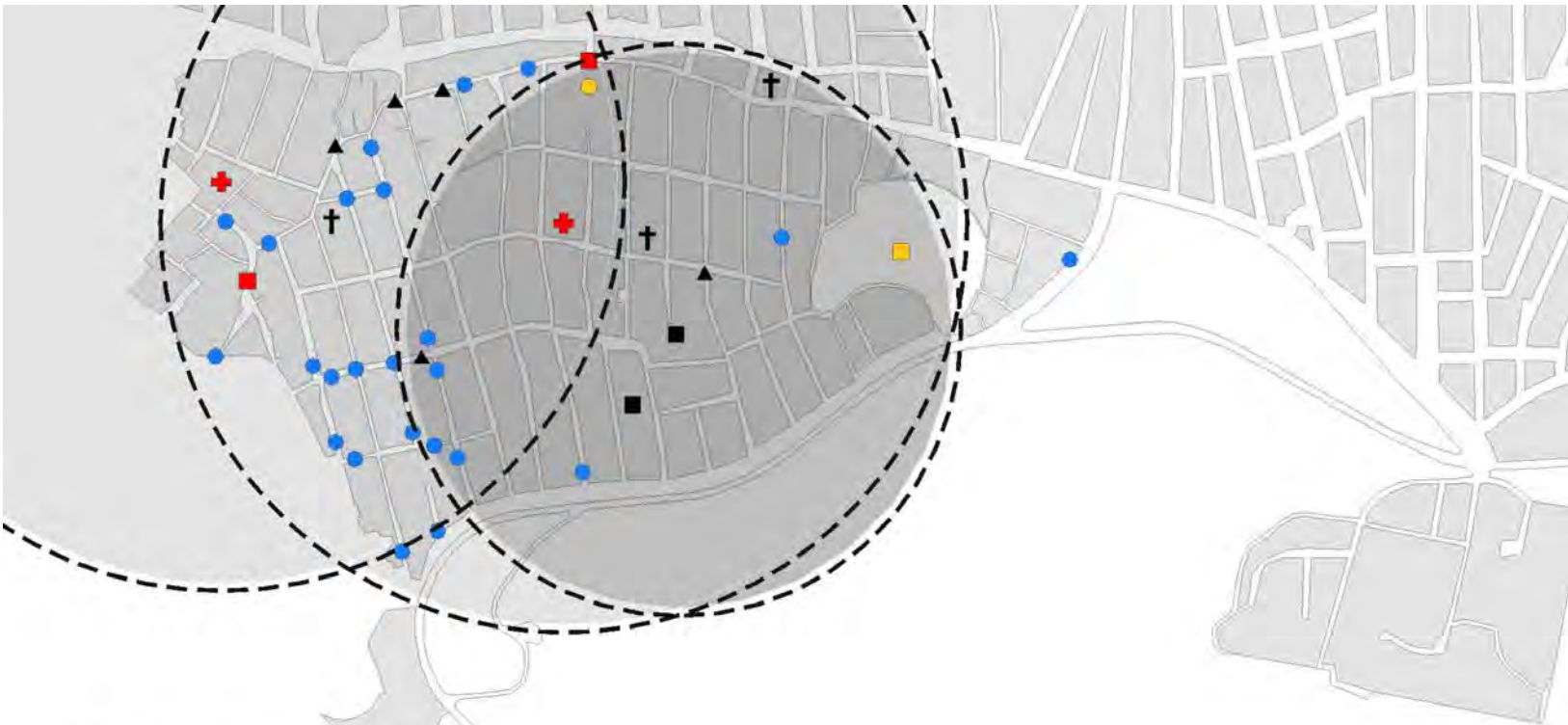
La Delegación Tlalpan tiene un nivel de cobertura en infraestructura de drenaje del 60%, considerando el suelo urbano y los poblados ubicados dentro del suelo de conservación. El 52% de la población cuenta con descarga domiciliar a la red, mientras que el 48% restante realiza sus descargas a fosas sépticas y resumideros. Las colonias sin servicio de redes de drenaje son: en la zona poniente, Lomas Hidalgo, Los Encinos, Héroes de Padierna, Cruz del Farol, Chimilli, Popular Santa Teresa y Ejidal del Pedregal, Rincón de Don Felipe, El Zacatón, San Nicolás II, Lomas de Cuilotepec, Solidaridad, Belvedere, El Mirador, La Primavera y Paraje 38; al oriente, Club de Golf México; al norte, Comuneros de Santa Úrsula y Cantil; al centro, Peña Pobre; y al sur, viveros de Cuernavaca, La Palma, Tlalpuente, El Divisadero, Tlamille, Mirador del Valle, Cumbres de Tepetongo, Jardines del Xitle, San Juan Tepeximilpa. Los pueblos localizados en la Sierra del Ajusco, desalojan sus aguas negras a través de corrientes superficiales que alimentan al Río San Buenaventura, el cual a su vez descarga en el Canal Nacional. En todos los casos, la carencia del drenaje lo sustituyen las fosas sépticas. Este es un riesgo, se puede decir que el 38% de la población carece del servicio. En consecuencia, es posible la contaminación de los mantos acuíferos. En otros casos, el drenaje de las aguas negras es a cielo abierto hacia los cauces de los ríos y arroyos. De aquí la importancia de contar con un sistema de captación de aguas negras y aprovechamiento de agua pluvial a corto plazo.

Los servicios de energía eléctrica y alumbrado público cubren relativamente el 75% de la zona, aunque existen zonas deficitarias de este servicio, las cuales se localizan principalmente al sur de la zona de Padierna, en la zona denominada de los Pedregales, y en los asentamientos irregulares. En todos estos lugares el servicio cubre alrededor del 40%.



3.2.5 Equipamiento y servicios

La Delegación Tlalpan, es una de las pocas que presentan un superávit, particularmente en los equipamientos de educación, cultura y áreas verdes. Sin embargo, la distribución del equipamiento no es equitativa. Existen sectores o zonas en donde se da una oferta equilibrada del equipamiento mencionado, tales zonas son: Coapa, Centro de Tlalpan, y la zona habitacional contigua al Anillo Periférico. Las zonas deficitarias en cuanto al equipamiento de nivel básico requerido son: Tepepan, San Pedro Mártir y toda la zona de la periferia sur: Padierna, la zona denominada de los Pedregales, y los asentamientos irregulares (El Zacatón, San Nicolás II, Lomas de Cuilotepec, Solidaridad, Belvedere, El Verano, La Primavera y Paraje 38) ubicados a lo largo de la carretera Picacho-Ajusco, los cuales se encuentran en proceso de consolidación.



Equipamiento y servicios

fuelle: visita de campo, 2002

- + clínica de salud
- educación básica
- + iglesia
- policía montada
- radio de servicio de clínica (250 m)
- guardabosques (torre de vigilancia)
- abastecimiento de agua con pipa
- ▲ teléfono
- transformador eléctrico
- radio de servicio de escuela primaria (175 m)

3.2.6 Vivienda

En la segunda mitad del siglo XX, pero sobre todo en los últimos veinticinco años, los procesos habitacionales de la delegación Tlalpan son resultado de un crecimiento urbano sostenido. En 1950 el parque habitacional sumaba 5.8 miles de viviendas donde habitaban 32.8 miles de personas, con una densidad domiciliaria de 5.6 ocupantes por vivienda. En la actualidad, de acuerdo con el Censo de 1995, la delegación cuenta con 553 mil habitantes cuya relación con la vivienda acusa una densidad domiciliaria de 4.2 ocupantes por vivienda, menor a la de 1950. Actualmente la vivienda promedio en la delegación es unifamiliar, aunque el proceso de construcción de vivienda plurifamiliar y de conjuntos residenciales, ha aumentado en función del alza de los valores de los predios. La siguiente tabla muestra la problemática que ocasiona las condiciones en que se encuentran las viviendas en la zona de estudio:

Condiciones	Ubicación	A consecuencia de:
Hacinamiento	Colonias Miguel Hidalgo 2ª y 3ª sección, Chichicarpa, Bosque del Pedregal, El Zacatón, San Nicolás I y II, Lomas de Cuilotepec, Solidaridad y Belvedere.	La incorporación de nuevas familias en la misma construcción o, en su caso, en el mismo predio, mediante ampliación de la vivienda existente.
Deterioro	Poblados rurales de San Miguel Xicalco, Magdalena Petlacalco, Santo Tomás y San Miguel Ajusco, y San Miguel Topilejo.	Condiciones de deterioro en la estructura debido a la antigüedad de la misma, y el mínimo mantenimiento que se les brinda.
Precariedad	Colonias Chichicarpa, Bosque del Pedregal, El Zacatón, San Nicolás I y II, Lomas de Cuilotepec, Solidaridad y Belvedere.	No existe red de agua potable entubada ni red de drenaje. El alumbrado público es escaso y aislado. Calles sin pavimentar, sin banquetas ni guarniciones.
Riesgo de deslizamiento de tierra	Poblado de San Miguel Topilejo (sobre el Cerro Tetecuilo), colonias Miguel Hidalgo 2ª y 3ª sección, Bosque del Pedregal, El Zacatón, San Nicolás II y Lomas de Cuilotepec.	Su ubicación en terrenos pedregosos y de alta pendiente. Se llegan a encontrar pendientes mayores al 40%, además de ser zonas permeables y de escurrimientos naturales de las partes más altas.
Riesgo de derrumbe al ubicarse sobre el cauce del río Eslava	Colonias Chichicarpa, Rincón de Don Felipe, El Zacatón y San Nicolás I y II.	Una posible creciente del río Eslava ante la presencia de un fenómeno meteorológico severo (tromba).
Riesgo de contaminación al subsuelo	Asentamientos irregulares Solidaridad y Paraje 38.	Su ubicación en una importante zona de recarga de los mantos acuíferos, perteneciente al Parque Ecológico de la Ciudad de México.

Fuente: investigación de campo, 2002.



4.1 La ciudad como problema.

4.1.1 Problemática. La situación que enfrentamos hoy.

- **Desarrollo urbano y crecimiento poblacional.** La población del AMCM es de casi 22 millones de habitantes, de los cuales 10 millones radican en el D.F., lo que equivale a concentrar el 21% de la población nacional en la milésima parte del territorio. La población del D.F. se ha duplicado en los últimos veinte años, mientras que la del AMCM en tan sólo catorce. El 65% del crecimiento urbano nacional alcanzado desde 1940 ha sido irregular, invadiendo principalmente tierras comunales y ejidales.
- **Concentración económica.** El 45% de la producción industrial nacional se concentra en la AMCM. El D.F., absorbe el 35% de la inversión pública federal y el 20% del presupuesto federal total. El 25% de la Población Económicamente Activa (PEA) del país se concentra en la AMCM.
- **Terciarización de la economía.** Más del 60% de la PEA de la Ciudad de México vive del sector terciario de la economía. Este sector aporta el 70% del PIB de la ciudad. El 40% de la PEA de la ciudad está desempleado o subempleado.
- **Desequilibrio ecológico.** Se ha perdido el 99% del área lacustre y el 73% de los bosques; anualmente se deforestan 1000 hectáreas, y se pierden 700 hectáreas agropecuarias. El 70% de los suelos se encuentra en avanzado proceso de degradación ecológica.
- **Déficits de servicios y vivienda.** El D.F. da servicio de agua potable al 80% de los domicilios de la ciudad. El drenaje de la ciudad atiende al 70% de la población, esto significa un déficit para unos 3.5 millones de personas.

4.1.2 Tendencias. El curso de la ciudad si no actuamos hoy.

- **Desarrollo urbano y crecimiento poblacional.** Para el año 2020 el AMCM habrá invadido más de la mitad de la cuenca del Valle de México y emergerá como una megalópolis al conurbarse con ciudades como Pachuca, Toluca, Cuernavaca, Cuautla, Puebla, Tlaxcala y Querétaro. En base a las proyecciones realizadas por el gobierno del Distrito Federal a través del Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal (PGDU-DF) y la CONAPO, se estima que las poblaciones del AMCM y de la Megalópolis de la Ciudad de México podrían incrementarse hasta en un 40%, pasando de 18.7 y 26 millones de habitantes, respectivamente en el año 2000, a 26.2 y 35.8 millones de habitantes para el año 2020. Asimismo, se estima una agudización del crecimiento urbano irregular; el área urbana del D.F. podría ampliarse al 70% de su territorio, y seguir concentrando alrededor del 20% de la población nacional.
- **Concentración económica.** Se estima una mayor concentración, el AMCM podría atraer alrededor del 60% de la producción industrial nacional. El D.F. tendría una participación entre el 48 y 64% del PIB, demandaría entre el 40 y 45% de la inversión pública federal, y concentraría alrededor del 40% de la PEA.
- **Terciarización de la economía.** Alrededor del 54% de la PEA de la ciudad se encontrará desempleada o subempleada como resultado de una mayor dependencia del sector terciario; entre el 65 y 75% de la PEA dependerá de este sector, el cual podría generar el 75% del PIB de la ciudad.
- **Desequilibrio ecológico.** Para el año 2020 habrá desaparecido el área lacustre y el 85% de los bosques del D.F.; al encontrarse degradados el 90% de los suelos, quedarán eliminadas las áreas de recarga acuífera. Las áreas verdes por habitante serán inferiores a 1.5 m². La demanda de agua por segundo será superior a los 100 m³, esto originaría un enorme gasto energético y el empleo de plantas termoeléctricas altamente contaminantes.
- **Déficits de servicios y vivienda.** La incapacidad técnica de incrementar o sustituir las redes de agua potable, obligará a reducir el porcentaje de domicilios atendidos al 70%, lo que implicaría dejar a casi 6 millones de habitantes sin servicio. El drenaje tan sólo podrá atender al 60% de la población, el déficit sería de 7.5 millones de habitantes.

4.1.3 Visiones. Hacia dónde debemos orientar a la ciudad.

- **Desarrollo urbano y crecimiento poblacional.** Es urgente reorientar el crecimiento de la población hacia otros puntos de la Región Centro del país. La población del D.F. debe restringirse al 15% de la población nacional. Es esencial evitar que el AMCM supere los 25 millones de habitantes para garantizar su supervivencia. Deben establecerse instrumentos eficaces para desterrar el crecimiento urbano irregular y proteger las zonas agrícolas y forestales. Debe revertirse el proceso migratorio, reubicando a parte de la población en ciudades periféricas que brinden empleo y vivienda. Debe redensificarse el área urbana, para ello podrían crearse o consolidarse un conjunto de centros urbanos que ayuden a articular la ciudad y permitan su reestructuración territorial.
- **Concentración económica.** Es trascendental descentralizar la vida nacional, disminuir la tasa de participación del D.F. en el PIB nacional, seleccionando las actividades a desarrollar en su territorio; reducir la inversión pública federal en el D.F., al menos hasta igualarlo con la media nacional; y redistribuirse la PEA hacia el resto del país, canalizando inversión pública y privada hacia ellas.
- **Terciarización de la economía.** Debe estimularse la creación de actividades productivas generadoras de mano de obra por encima de las relacionadas con servicios. Debe inducirse la migración de desempleados o subempleados fuera del D.F., hacia ciudades periféricas de la Región Centro que ofrezcan ocupación y vivienda.
- **Desequilibrio ecológico.** Se debe recuperar el equilibrio ecológico. Urge modificar los patrones urbanos de generación de desperdicios y someter a tratamientos a la basura. Se debe aplicar un control estricto a la emisión de contaminantes; reubicar algunas fábricas, estimular el uso de transporte eléctrico. Urge crear reservas naturales y recuperar zonas boscosas, así como evitar la degradación de los suelos. Deben retirarse los pavimentos no permeables. Es necesario incrementar las áreas verdes hasta alcanzar, por lo menos, los 9 m² por persona señalados por la OMS. Debe disminuirse la necesidad de traer agua desde grandes distancias, usar racionalmente las fuentes propias, realizar obras de captación y almacenamiento en las cañadas y reciclar el vital líquido.
- **Déficits de servicios y vivienda.** Sólo disminuyendo el crecimiento de la población metropolitana podrá crecer la capacidad de atender el déficit de agua y drenaje. Debe reordenarse el uso de suelo de tal forma que se reduzca la necesidad de largos y numerosos desplazamientos personales. Debe estimularse la vivienda departamental sobre la unifamiliar.

4.1.4 Estrategias. Lo que podemos implementar hoy.

La problemática que se experimenta en un país esencialmente urbano y cuya población, en su mayoría, se dedica a actividades secundarias y terciarias, es una combinación de desajustes entre sus actividades, comunicaciones, redes urbanas y deterioro del medio físico. La expresión de esta situación se manifiesta en el alto costo que genera la cobertura de servicios -y en consecuencia su ineficiencia-, en la percepción de bajos ingresos que imposibilitan remediar el requerimiento de vivienda –que se agudiza con la especulación comercial con la tierra y con la vivienda misma-, en fin, en carencias de satisfactores esenciales para la población de menores recursos. Esto explica el por qué actualmente las grandes metrópolis del mundo subdesarrollado, entre ellas la Ciudad de México, son espacios de segregación más que de interacción. Los siguientes puntos representan estrategias, políticas para un posible y futuro desarrollo socio-espacial del AMCM, cuyo impacto, aun cuando se tenga la intención de salvaguardar la sustentabilidad de la ciudad, puede resultar altamente regresivo y segregacionista para ciertos intereses particulares o de grupo:

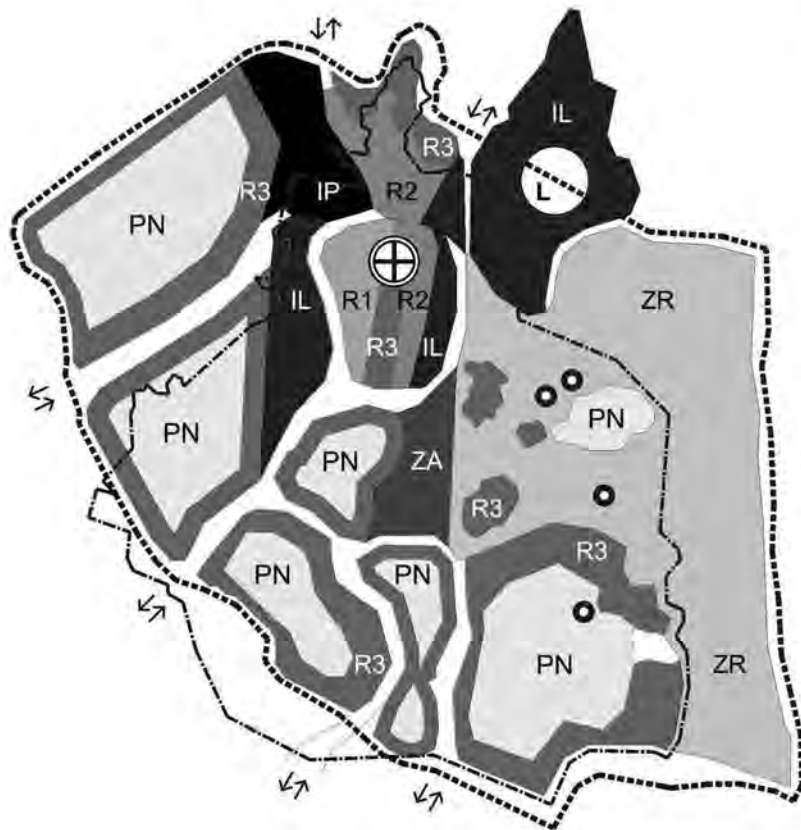
- Propiciar una irreversible desconcentración económica.
- Revertir inductivamente y con pleno respeto a los derechos humanos la tendencia migratoria del campo a la ciudad.
- Recapturar la rectoría del estado en la regulación del uso y destino del suelo urbano.
- Hacer prevalecer el régimen de derecho impidiendo a toda costa las invasiones de predios.
- No permitir ni la especulación económica, ni la manipulación política.
- Crear las reservas territoriales necesarias, regularizar la tenencia de la tierra y no permitir nuevos fraccionamientos.
- Preservar y ampliar las zonas verdes para buscar el adecuado equilibrio ecológico.
- Generar empleos estableciendo actividades agropecuarias altamente productivas que impidan el desbordamiento metropolitano, pero evitando el establecimiento de industrias altamente contaminantes o consumidoras de grandes volúmenes de agua y energéticos.
- Fomentar las acciones de autoconstrucción de vivienda beneficiando prioritariamente a las clases populares.

4.2 Propuesta de Zonificación Primaria para el D.F. y AMCM.

Desde una perspectiva general, podemos identificar dos etapas en la planificación urbana de nuestras ciudades. La primera etapa, que abarca desde la década de los años veinte a la de los setenta, es aquella en la que la intención y los objetivos de la planificación era “regular” el crecimiento de los asentamientos y zonificar adecuadamente las funciones contenidas en éstos. Una primera etapa en que las formas del crecimiento urbano se veían como “naturales” y la problemática urbana no adquiría, según la visión estatal, características de crisis.

En 1935 el Arq. Carlos Contreras elaboró, con criterios de “zoning”, un Plan de Desarrollo de la Ciudad de México, el “Plano Regional y de Zonificación del Distrito Federal 1935-1985”, que preveía una población, para 1985, de dos millones de habitantes.

El cálculo resultó erróneo pues la población resultó de casi 10 millones, cinco veces más que lo supuesto. No obstante, la propuesta es interesante pues consideraba que la futura expansión de la ciudad debía abstenerse de rebasar el perímetro marcado por la línea de agua comprendida dentro de la Cuenca de México. Gran parte de los territorios de las delegaciones M. Contreras, Tlalpan, Xochimilco y Milpa Alta eran decretados Parques Nacionales y, alrededor de éstos, se organizaban enormes unidades habitacionales. El centro de la ciudad permanecía como una zona eminentemente residencial; una zona agrícola, situada al centro del territorio del D.F., abastecería a la ciudad con productos agrícolas y pecuarios, mientras que la industria se concentraba en la parte norte del D.F., y en los poblados cercanos del Estado de México; y el oriente de la cuenca se dejaba como zona de reserva territorial para futuros crecimientos.



Plano regional y de zonificación del Distrito Federal

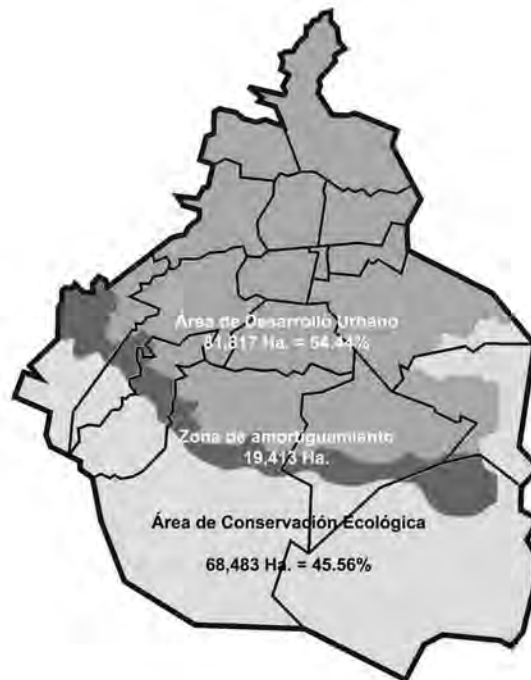
realizado en 1935 por el Arq. Carlos Contreras

-  Área Central: monumental, gubernamental y comercial
-  Centro popular tradicional
-  Línea de agua, Valle de México
- PN** Parque Nacional
- ZR** Zona de reserva
- R1** Residencial: casas solas, clase media, trabajadores industria ligera
- R2** Residencial: trabajadores de la industria pesada
- R3** Residencial: teatros, hoteles, apartamentos, comercio
- ZA** Zona Agrícola: trabajadores en pequeñas granjas
- IL** Industria ligera
- IP** Industria pesada
- L** Base artificial en el centro del Lago de Texcoco

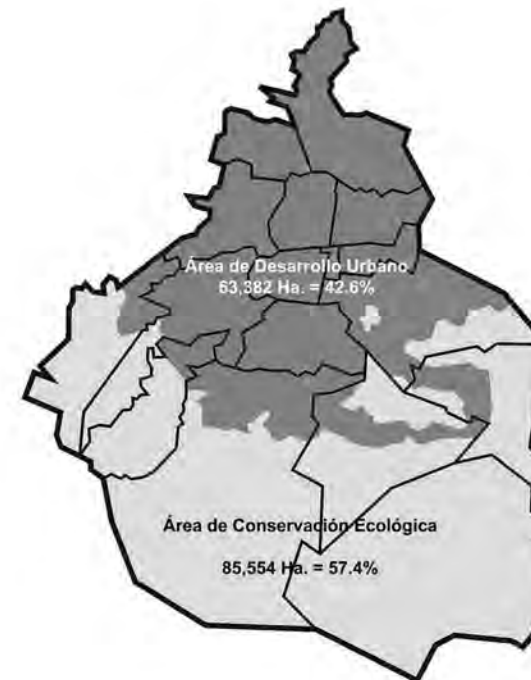
*calculado a 1985, población 2 millones de habitantes

La segunda etapa, que abarca desde la década de los años ochenta hasta nuestros días, se caracteriza por el reconocimiento, por parte del régimen, de la crisis urbana dentro del reconocimiento del fracaso del modelo de desarrollo del país.

Los siguientes esquemas corresponden a las zonificaciones primarias para el D.F., elaboradas en 1982 y 1988 respectivamente. En 1982 se contemplaba ya una especie de borde, una zona de amortiguamiento hacia la parte sur de la ciudad que se cedía al futuro crecimiento de la ciudad. En la zonificación de 1988 esta zona desaparece, se observa una preocupación por recuperar parte de los territorios de las delegaciones Xochimilco e Iztapalapa para declararlos como área de conservación ecológica, y que en la zonificación anterior se habían cedido a la futura expansión urbana.



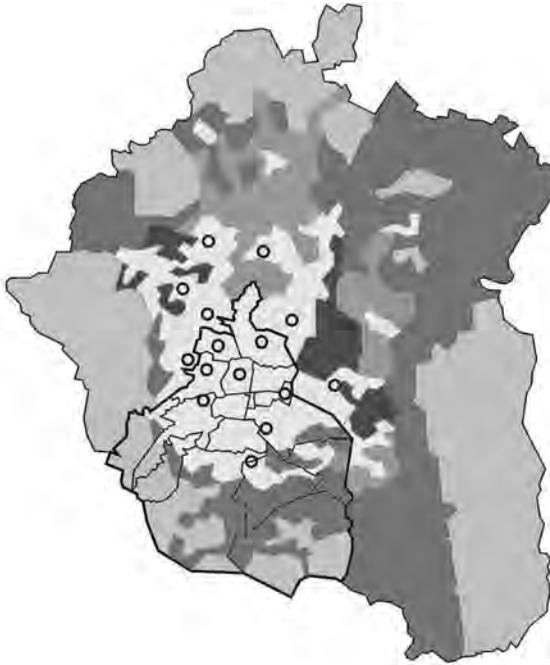
Zonificación Primaria 1982



Zonificación Primaria 1988

A partir de 1984 el gobierno del Distrito Federal elaboró el Programa de Reordenación Urbana y Protección Ecológica del Distrito Federal (PRUPE), un documento en el que se reconocían las consecuencias del tipo de crecimiento y planeación seguidos hasta entonces en la capital de la República, dejando al descubierto las patologías urbanas de nuestra contemporaneidad metropolitana.

En 1988, como parte de este programa, se presentó el llamado “Esquema rector de usos del suelo para la ZMCM”, una propuesta de reordenamiento urbano que planteaba, en primera instancia, una iniciativa de reformas y adiciones a la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, así como una serie de acciones que conducían a la reorientación del crecimiento hacia ubicaciones “más convenientes” de la ZMCM, mediante la creación y consolidación de centros urbanos, de zonas de desarrollo urbano y rural, y de reservas naturales para la protección ecológica; al respecto planteaba el rescate de 77 mil hectáreas de áreas boscosas y no pobladas con la intención de mejorar la calidad del agua, del suelo y la atmósfera de la ciudad.

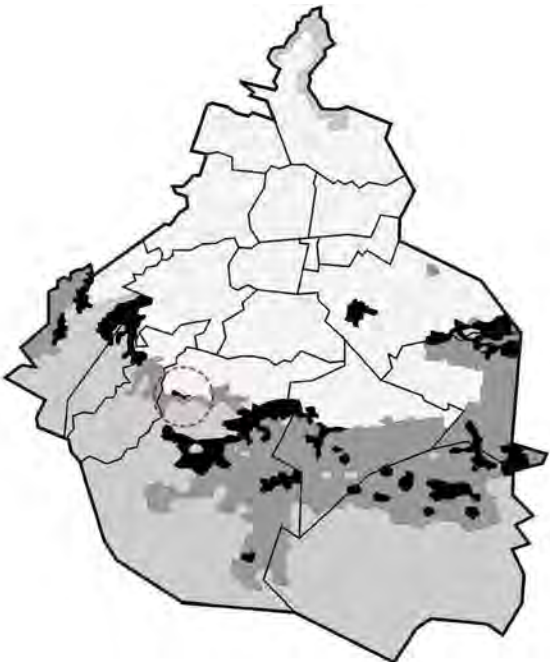


Esquema rector de usos de suelo para la ZMCM





	Área Urbana	125,680 Ha.
	Área Forestal	109,361 Ha.
	Agricultura de Riego	47,760 Ha.
	Agricultura de Temporal	39,997 Ha.
	Preservación Ecológica	78,570 Ha.
	Centros Urbanos y Metropolitanos	

fuelle: PGDUDF 1988

Con base en el esquema rector de usos del suelo y las zonificaciones primarias anteriores, he elaborado la siguiente propuesta de zonificación para las, aproximadamente, 65 mil hectáreas consideradas como suelo de conservación en el Distrito Federal.



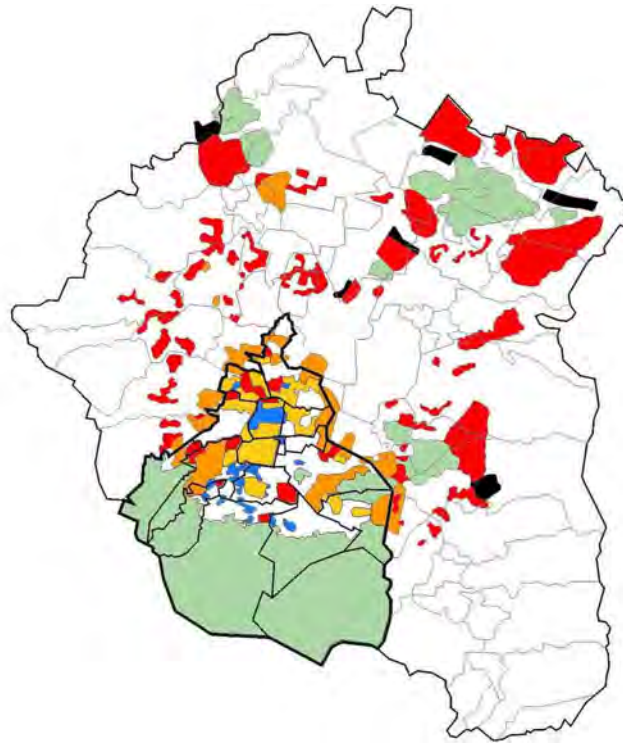
Propuesta de zonificación del suelo de conservación

	Área de rescate
	Área de producción rural - agroindustrial
	Área de preservación ecológica
	Zona de estudio

La siguiente “Propuesta de Zonificación Primaria para el AMCM” la sustento en una serie planteamientos en los que considero temas como la descentralización administrativa, la desconcentración industrial, al abastecimiento y uso racional del agua, el control del uso del suelo, el reordenamiento de la vialidad y el transporte, el control ambiental y protección ecológica, y la planeación del crecimiento urbano. Estos planteamientos considerados son:

- Fortalecer la intervención de los estados y municipios del AMCM en la planeación democrática del desarrollo.
- Propiciar una distribución geográfica más equilibrada de la población en el AMCM. El aminoramiento de las migraciones a la capital, se irá dando en la medida de la homogeneización de las inversiones en el país y la apertura de oportunidades de producción, distribución y consumo que no privilegien las grandes concentraciones monopólicas. Lo fundamental es frenar su crecimiento especulativo.
- La redistribución del suelo urbano teniendo como base lo planteado en el punto anterior y orientándola fundamentalmente en la estructura barrial, de colonias y vecinal. Se requiere de un impulso y desarrollo a la producción barrial y a la vida comunitaria, con respecto a sus formas de cultura y su modernización acorde a los intereses vecinales. La desintegración y el caos actuales de la ciudad tenderían a frenarse, si los servicios metropolitanos actuaran como elementos articuladores de los sectores vecinales.
- Incorporar criterios ecológicos en la planeación y el desarrollo de las actividades económicas. El restablecimiento del equilibrio ecológico de la cuenca es evidentemente urgente, debe buscarse mediante la creación de grandes unidades agropecuarias que tiendan a generar recursos, tanto materiales como naturales y tomar medidas para preservar éstos, junto al impulso de las economías de las comunidades periféricas a la ciudad.
- La sustitución de las tecnologías para la dotación del agua y drenaje es indispensable. El aprovechamiento del agua de lluvia, la sustitución de pavimentos impermeables por permeables, la prohibición de perforación de pozos artesianos, etc., son medidas indispensables para el tan buscado restablecimiento ecológico.
- Es necesaria la expropiación de terrenos ociosos para la creación de áreas verdes y vivienda popular, también la creación de empresas cooperativas para edificar masivamente vivienda popular y media. Con esto quiero decir el desarrollo de las fuerzas productivas de la ciudad a través de sus grupos homogéneos.
- El sentido especulativo del cual he venido hablando, debe comprender marcar precios tope a los terrenos para vivienda popular, a los materiales y compra de tecnología, abatimiento de los costos de los trámites oficiales para la autorización de ese tipo de vivienda. En ese sentido, habría que impulsar la autoconstrucción y la ayuda mutua.
- Modificar los criterios de abastecimiento de agua para asegurar el aprovechamiento óptimo de las actuales fuentes e incorporar proyectos con mayor factibilidad económica y social, asegurando la protección de los ecosistemas.
- Asegurar que en delegaciones como Magdalena Contreras, Tlalpan, Xochimilco, Tláhuac, Cuajimalpa y Milpa Alta, se controle el crecimiento urbano, ya que estos lugares representan los principales sitios de recarga de los acuíferos de la Cuenca de México.
- Transformar el patrón de crecimiento horizontal en el AMCM. Con el prerrequisito de estudiar minuciosamente las condiciones del suelo y subsuelo urbanos, habría que llevar a cabo la redensificación de grandes sectores urbanos.
- Crear condiciones que favorezcan y racionalicen el acceso al suelo de los sectores mayoritarios de la población.

Propuesta de Zonificación Primaria para el AMCM



- Área con potencial de desarrollo
- Área de integración metropolitana o de mejoramiento urbano
- Área de conservación patrimonial
- Área con potencial de reciclamiento
- Área con potencial industrial
- Área de preservación ecológica

4.3 Plan Parcial de Desarrollo Urbano

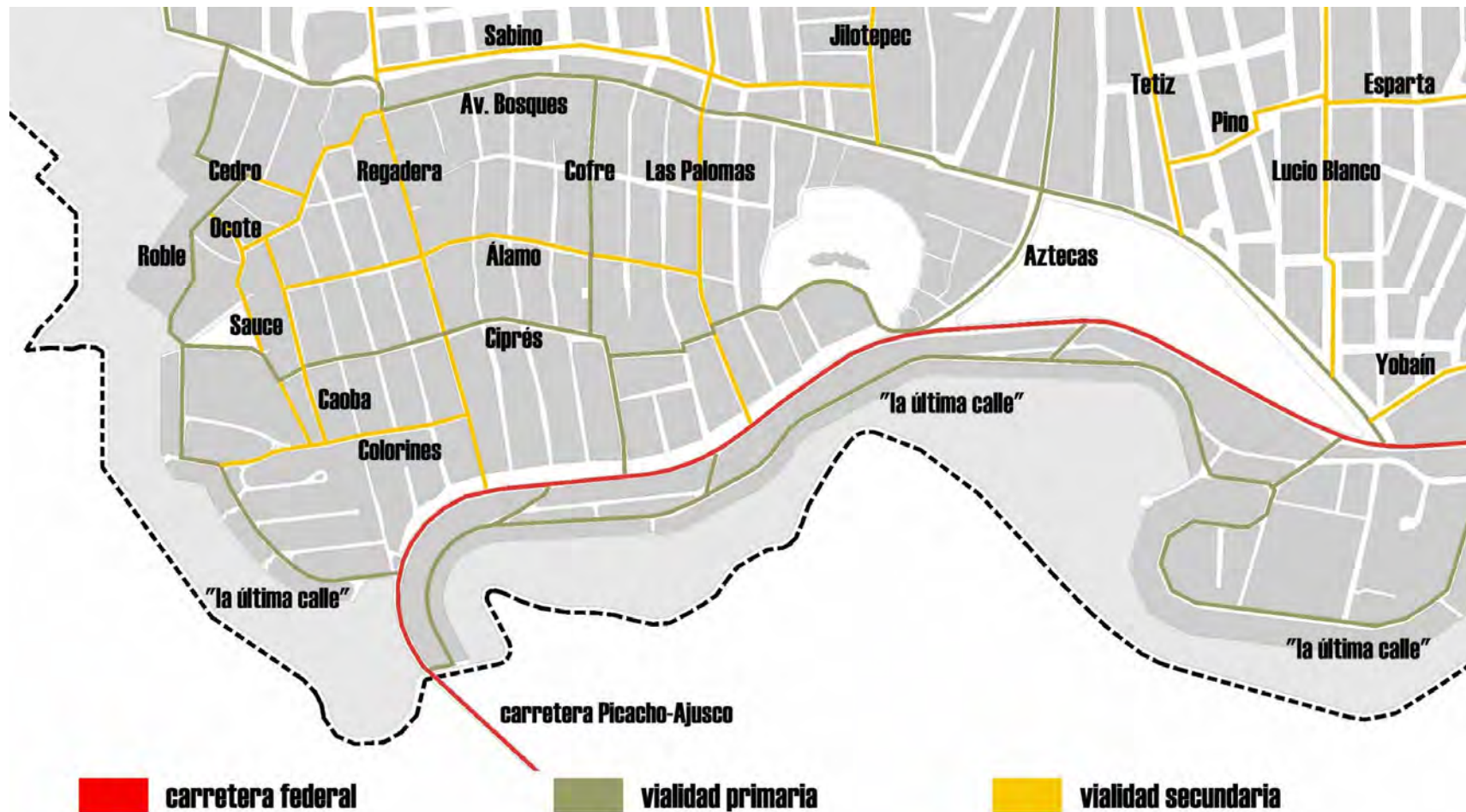
4.3.1 Impulso al reordenamiento urbano.

La inserción del borde como respuesta al inminente crecimiento poblacional y territorial de los asentamientos irregulares y poblados semiconsolidados, obliga a la implementación de una serie de estrategias de reordenamiento urbano, reformas a la estructura urbana actual, que alteren las actuales condiciones de vialidad, usos del suelo, infraestructura, equipamiento y vivienda. Se proponen por una parte acciones y proyectos estratégicos de ordenación al crecimiento en Suelo de Conservación, principalmente en aquellos asentamientos que no es posible reubicar, mediante la creación de Programas Parciales, así como de apoyo y fomento a la vivienda, mediante la saturación de predios baldíos y acciones de mejoramiento a corto plazo, las cuales corresponden a las zonas poniente y sur-poniente que presentan deterioros en su estructuración, déficit de equipamientos, servicios e infraestructuras. La nueva visión del reordenamiento urbano permitirá que las acciones estratégicas ordenen la mezcla de usos del suelo y orienten el surgimiento de las mismas en aquellas zonas que tienen un funcionamiento aceptable. Otra de las acciones deberá estar encaminada a visualizar las zonas con reserva territorial, las cuales se podrán destinar a equipamiento y servicios faltantes, o vivienda, siempre y cuando se cuente con factibilidad para brindar los servicios de agua potable, drenaje, alumbrado y vialidades. Como imagen objetivo se propone conservar y preservar las características de las colonias, barrios y poblados; y a la vez, establecer un mayor aprovechamiento y preservación de las zonas de recursos forestales y agroecológicos. Otra directriz a seguir es la ecológica. En este sentido se deberán conservar y restaurar los principales componentes del sistema hidrológico de la región, proteger cauces y embalses naturales, en donde se conserve la permeabilidad del suelo, además de la reforestación de áreas como barreras al crecimiento; asimismo, debe definirse el crecimiento urbano en suelo de conservación, reordenar la traza de los asentamientos irregulares al tejido urbano del borde, de modo que la ciudad lineal los incorpore o asimile, y reforzando tal acción con la creación del borde bio-productivo se detenga su desbordamiento hacia el Suelo de Conservación.

4.3.2 Vialidad y Transporte

El tránsito a través del borde se efectúa mediante un circuito continuo, “la última calle”, la espina dorsal de la ciudad lineal y del borde mismo, puesto que a través de ella se da el flujo, el intercambio con el resto de la ciudad. La principal directriz supone conservar como vialidades primarias aquellas calles que presentan una mayor adaptación a la topografía y que dan muestra de su jerarquía al constituirse no sólo como ejes comerciales y de equipamiento, sino como centros de barrio.

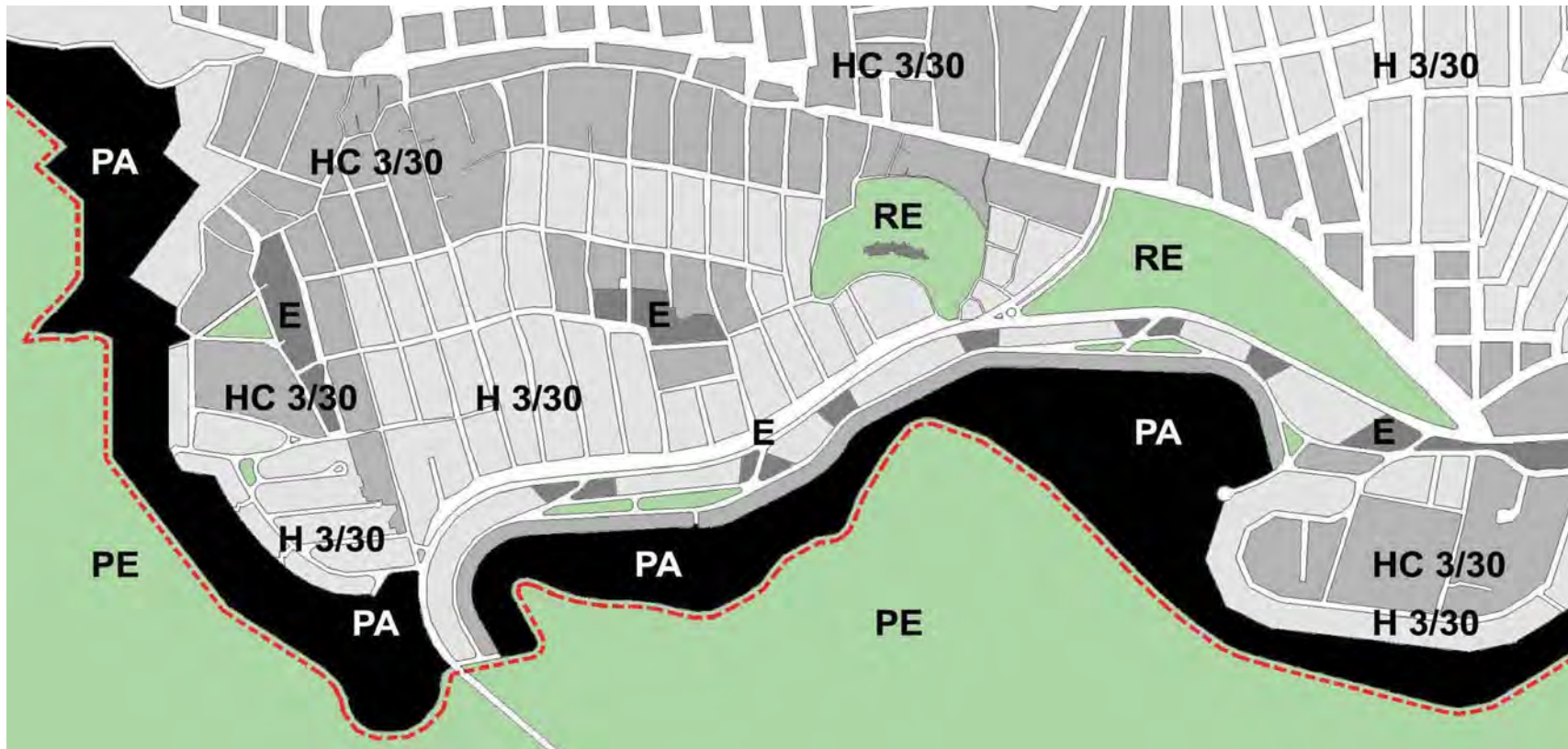
Puesto que la amplitud de algunas de las calles lo permiten, se propone formar circuitos con las siguientes vialidades, de oriente a poniente: Sabino, Avenida Bosques, Ciprés, Carretera Picacho-Ajusco y la última calle, éstas se conectan con algunos centros de barrio que presentan características de consolidación; y de sur a norte: Sauce, Regadera, Cofre, Las Palomas, Jilotepec, Aztecas, Tetz, Lucio Blanco y la prolongación de “la última calle” hacia el sector poniente de la zona de estudio.



4.3.3 Usos del Suelo

Se propone una redistribución de los usos del suelo actuales, así como la instauración de otros que, estableciéndose en suelo de conservación, contribuyan a dar cohesión al proyecto de borde.

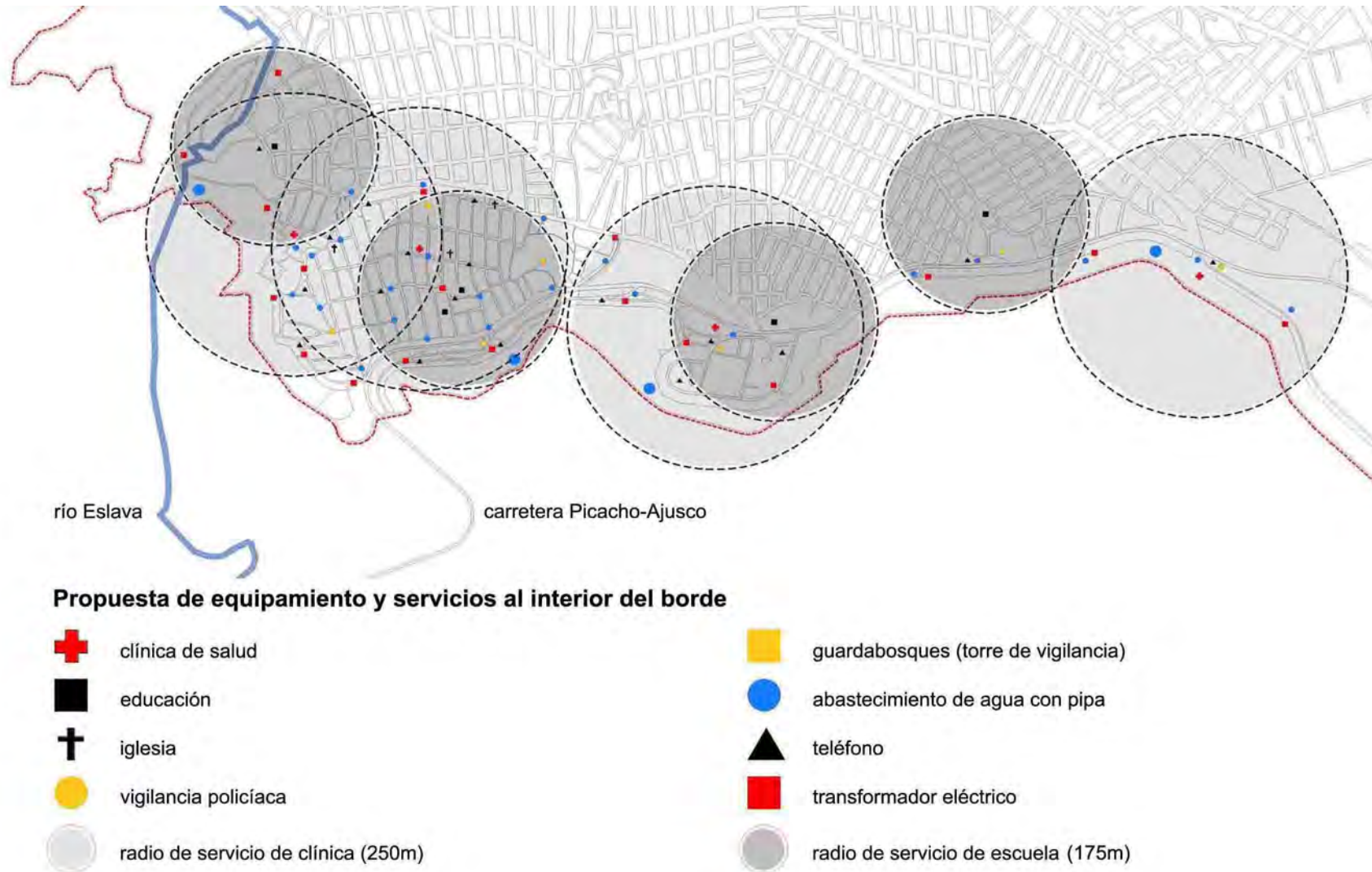
- **Habitacional con y sin comercio (H y HC).** Se proponen los usos H 2/30, H 3/30, HC 2/30 y HC 3/30 que corresponden al habitacional puro y con comercio, hasta 3 niveles y un 30% de área libre sin construir.
- **Equipamiento (E).** Esta zonificación permite el establecimiento de equipamiento básico para el borde y para remediar el déficit en las colonias semiconsolidadas.
- **Zona de Producción Agroindustrial (PA).** Esta zonificación es exclusiva para el borde bioproductivo o zona C del borde. Se busca fomentar actividades agrícolas, pecuarias y agroindustriales principalmente.
- **Zona de Rescate Ecológico (RE).** Esta zonificación se reserva para residuos de suelo de conservación que han quedado ahogados dentro de la mancha urbana. Se pretende fomentar actividades compatibles con la recuperación de suelos y la reforestación y que al mismo tiempo puedan generar su automantenimiento.
- **Zona de Preservación Ecológica (PE).** Básicamente corresponde a lo que se conoce como Área Natural Protegida y pretende mantener las características naturales del territorio.



4.3.4 Infraestructura y equipamiento

Se debe incrementar el suministro de agua potable, atender el déficit de drenaje, electricidad y alumbrado. En cuanto a servicios y equipamiento, éstos deberán incrementarse debido a la demanda y la poca oferta en las zonas periféricas de la delegación, para así disminuir los desplazamientos al interior de la misma. Por lo que es necesario se incrementen los rubros de salud, cultura, recreación, educación básica, media básica, y media superior, en toda la zona sur-poniente de la delegación.

En lo referente a comercio y abasto se considera que lo existente, que comprende mercados sobre ruedas, tianguis, concentraciones de comerciantes y mercados públicos fijos son los adecuados, por lo que sólo se requerirán de espacios adecuados para su buen funcionamiento. En cuanto a la Salud se debe contar con este servicio en las cercanías o al interior del borde, principalmente clínicas de primer contacto del sector público, para evitar recorridos infructuosos que en la mayoría de las veces no son atendidos por tratarse de situaciones menores.



4.4 Vivienda

La falta de vivienda es la principal causa que ha generado la expansión física de la Ciudad de México hacia las áreas próximas que, en la actualidad, se encuentran conformadas por los municipios conurbados asentados en el Estado de México. La falta de vivienda es un problema que se ha tratado de solucionar por medio de la ocupación "irregular" del suelo en la periferia urbana. En ese sentido, es "irregular" porque las transacciones realizadas en la compraventa de terrenos o predios han estado y continúan estando al margen de la legislación urbana; mientras los costos de esa urbanización recaen sobre los colonos. Sin embargo, también para las autoridades es un costo porque los asentamientos "irregulares" han surgido en suelos no aptos para la vivienda: barrancas, cañadas, lomeríos, suelos fangosos, etc. El llamado problema habitacional involucra las condiciones precarias de habitación de una población: hacinamiento, ausencia de servicios urbanos básicos, viviendas deterioradas y construidas con materiales poco duraderos.

Un proceso que ha aparecido en la Ciudad de México y que contribuye a su expansión física es el relacionado con la "expulsión" de población de las delegaciones centrales (Cuauhtémoc, V. Carranza, M. Hidalgo y B. Juárez), donde la población ha disminuido. Asimismo, se han consolidado actividades comerciales y de servicios en dichas delegaciones; esto se observa por el mayor empleo en estos sectores. De este modo, la ciudad central tiene como base una economía terciarizada, acompañada de "despoblamiento", y la periferia suburbana ofrece la posibilidad de "restituir" la pérdida de vivienda que ha sido sustituida por establecimientos comerciales o por oficinas. Esto puede interpretarse como la aparición de nuevos asentamientos urbanos que han promovido tanto las inmobiliarias para satisfacer la demanda solvente como quienes lucran con la ocupación "irregular" de predios. El empleo generado por las actividades comerciales y de servicio es insuficiente para restituir la pérdida de empleo industrial; la población desplazada tiene además que gastar más energías, tiempo y dinero para ir a desempeñar sus labores puesto que la distancia existente entre el lugar de residencia y el de trabajo es cada vez mayor. El problema habitacional en la Ciudad de México se ha transferido entonces a los municipios suburbanizados, lo que ha sido costoso. Sin embargo, esto no ha sido comprendido por las autoridades que siguen creyendo que la transformación de los organismos de vivienda en mecanismos financieros resolverá el problema. Existe una gran demanda por vivienda, pero debido al alto valor del suelo urbano, éste no es accesible para las mayorías.

Para el año 2010 se estima una población de 683,900 habitantes para la Delegación Tlalpan; su intensidad de poblamiento será del 5.23%, muy por encima con respecto al Distrito Federal. Por lo tanto resulta lógico pensar que la presión ejercida por los asentamientos irregulares y las colonias no consolidadas sobre las tierras del suelo de conservación o de reserva ecológica irá en aumento.



El borde en gran medida impedirá el crecimiento irregular de la ciudad, más no da solución al problema de vivienda, pues su función es esencialmente detener la inercia de apropiación territorial y obligar a que dicha presión se vuelque sobre sí misma, sobre las colonias de donde procede, ocupando los espacios no consolidados y densificándolos lo más posible. Por ello y por la atmósfera de segregación que aparece ante la inserción de una frontera, resulta justificable la creación de una ciudad lineal a lo largo de ese espacio neutral, de ese espacio público que se exige en nuestra zona de transición que corre flanqueando al borde. Una ciudad lineal que tome por modelo o mejor aún, que reinterprete los esquemas del barrio y la vecindad.

4.4.1 La ciudad lineal. El esquema barrio-vecindad-vivienda

Debemos comprender que como resultado del sistema social y su desarrollo, se deriva una estructura urbana y un producto espacial; y cómo al mismo tiempo, de la vida cotidiana se obtiene un cierto uso del espacio. A partir de reconocer cómo es que la vida cotidiana influye o determina la morfología de las ciudades, y cómo a su vez éstas influyen o determinan la vida cotidiana, es como podemos percatarnos de cómo el barrio popular refleja especialmente toda una combinación de vivienda, espacios para la producción e intercambio, socialización y esparcimiento; la calle y la esquina no se caracterizan entonces como espacios de circulación exclusivamente, sino que funcionan como extensiones de la vivienda. Y sin embargo, aún es posible a menudo encontrar entre los barrios de una ciudad una serie de diferencias en cuanto a su morfología, en ellos el uso del espacio es diverso, rico en actividades y conflictivo a la vez, esto último como producto de las contradicciones que sin duda encontraremos entre una vida cotidiana específica y el crecimiento y desarrollo de una estructura urbana.

Primer acercamiento:

En el principio era la casa. Intimidad resguardada por filtros diversos: puerta, zaguán, contraportón, patio. Interior inviolable donde cada uno era dueño y señor de sí mismo. La sombra es cómplice en la estrategia de resguardo. Afuera el sol puede campear libremente. Adentro el sol se controla: se filtra, se deja deambular sólo en las jaulas dispuestas para ello; el patio es su sitio de paseo. Aunque todas las casa tenían un repertorio de espacios y una distribución similar, cada casa era en cierta medida una casa única. Una leve alteración de las proporciones del patio, un corredor un poco más largo o más corto, el rincón inservible que siempre aparecía en algún lado hacía de cada casa un lugar diferenciado que permitía la identificación con nombre propio. El corazón de la casa es la cocina; allí se reúne la familia, allí penetran los iniciados, los conocidos, antes de ir a otro lugar.

Segundo acercamiento:

Luego fue el apartamento. Sin filtros, el delgado plano de un vidrio deja entrar directamente el exterior. Es inútil intentar una cortina: no hay resguardo porque la ventana no es un límite suficiente y el interior ha quedado a la intemperie. Por entre el vidrio entra, descontrolado, el sol; la luz deslumbrante y el calor se fijan victoriosos y libres sobre la superficie de los muros. Si el interior está expuesto, ¿cómo ocultarse?, ¿cómo inventar una intimidad propia?

El apartamento es previsible: espacios lógicos de áreas reducidas, “funcionales”, sin misterios, se repiten implacablemente iguales a lo ancho y a lo alto de una edificación cuya única posible identidad deriva de la repetición. Pero ya no es – casi – posible hacer casas. En una ciudad de elevada densidad, sitiada por las montañas, resulta casi forzoso plantearse el tema de la vivienda en términos de apartamentos.

En una primera aproximación, la pregunta en hacerse sería: si es necesario hacer apartamentos, ¿cómo recuperar en ellos el sentido original de la casa? En este sentido, respondería que: para que los apartamentos sean en verdad, vivienda, para que no traicionen su significado cultural profundo, es preciso mantener en ellos al menos dos aspectos: primero, la heredada vocación de refugio de la intimidad, esto es, filtros de distanciamiento respecto al exterior y cierta dosis de libertad del habitante en la organización interna de los espacios. Y segundo, condiciones mínimas de bienestar.

En una segunda aproximación, el edificio de apartamentos plantea preguntas acerca de los niveles en que se estructura físicamente la sociedad. Así que retomando la idea de que la vivienda fija el límite entre la familia y la sociedad urbana global, es posible encontrar un nivel intermedio entre la casa y la ciudad: el de la comunidad de barrio, una unidad de lo social habitado por familias que han decidido vivir allí, por

razones de diversa índole, que los acercan e identifican como grupo. En cierto modo es un grupo humano que ha decidido compartir un mismo destino arquitectónico. El rostro del barrio y de sus edificios, identifican al grupo como tal. Debe tener cierto grado de rigidez, de inmovilidad, que le permita mantener su identidad física más allá de las aspiraciones innovadoras de sus habitantes individuales. La libertad de organización interior encuentra sus límites cuando el poder expresivo de la estructura es el que, de manera contundente, conforma la fachada.

En una tercera aproximación, la vivienda plantea el problema de su concreción. Si toda arquitectura es una ecuación entre lo local y lo universal, en la vivienda lo local prima. De todos los temas arquitectónicos, la vivienda es el más ligado a los requerimientos específicos de personas que utilizarán este espacio con intensidad y asiduidad y, como consecuencia, es el tema arquitectónico que encarna más claramente las circunstancias de tiempo y espacio. La vivienda pertenece a un momento y lugar específicos, que están determinados históricamente. Por ello preguntare por la vivienda es preguntarse por la tradición. Tradición en dos sentidos, en primer lugar, tradición de la arquitectura como expresión social, cultural; y en segundo lugar como tradición de la arquitectura misma.

Como tradición social y cultural, la arquitectura se incorpora a una historia local de lo construido, que a su vez incorpora una vida colectiva que se ha ido decantando a través de mucho tiempo. En este sentido, podría decir en primera instancia que la arquitectura como arte social exige un lenguaje donde el capricho personal no tiene cabida; en donde no queda más remedio que ser fiel a la tradición, a un lenguaje arcaico y sin embargo vivo. Pero al mismo tiempo uno no puede repetir lo que ya se hizo en el pasado o en otro lugar, sin traicionarse a sí mismo y a su época. Cada espacio y sobre todo cada momento son diferentes a los anteriores, y por lo tanto exigen una reinterpretación. Si el hombre es lo que hace, hay que distinguir que dentro de los haceres que el hombre realiza hay unos que son sociales, que le vienen de fuera y se le imponen como parte de lo que ya está ahí, como parte de su mundo: son los usos y costumbres, éstos son específicos, históricos y cambian con una lentitud extraordinaria. Los que deben interesarnos son los usos y costumbres espaciales, los modos de utilizar el espacio que se han ido formando por una larga tradición de sentido común frente a la geografía, el clima y la cultura.

Tercer acercamiento:

La vecindad, éste pequeño mundo creado originalmente como un orden físico de espacios mínimos que se abren al patio, concebido de la forma más elemental y económica... un mundo semihermético, cual recinto claustral, donde numerosas familias viven en la comunidad de la miseria o de la pobreza, o bien en una decorosa humildad. Es posible encontrar desde fines del siglo XVIII sus características ya plenamente concebidas, presentándose como producto de una larga tradición:

- el esquema compositivo del “patio” que coloca una serie de cuartos en torno a su patio central al estilo del “impluvium” de los romanos;
- los “corrales” de origen moruno-andaluz; y
- los cuarterios de jacales, hileras de cuartuchos o “zaquizamis” construidos en ambos linderos del predio dejando entre ellos al centro una calle o patio donde se realizaban la mayor parte de las actividades de las familias: se lava y se tiende, se recibe, se baila, se pelea, se realizan los velorios...

En la vida cotidiana de la vecindad, se demuestra que la vida social y el uso del espacio son compatibles entre sí. En general encontramos que las vecindades están integradas por familias de escasos recursos económicos, de trabajadores y comerciantes en pequeño, dedicados a un sinnúmero de actividades en el sector terciario, íntimamente relacionado para su subsistencia con el espacio inmediato a su vivienda. De la relación barrio-vecindad-vivienda, se encuentran espacios de socialización, transición, defensa y territorialidad, como son el patio y el zaguán, elementos extensión de la vivienda o sustitutos de espacios inexistentes dentro de la misma. El patio es el elemento fundamental y vital de ese organismo introvertido que llamamos vecindad. Si consideramos a la habitación como un organismo con pulmones externos, las vecindades tiene en sus estrechos y largos patios el órgano por el cual respiran y también el horizonte dentro del cual ordenan su vida... el patio, columna vertebral, centro nervioso de la vecindad, articulación de las viviendas, lugar de tránsito o de permanencia, área de actividades y quehacer artesanales y domésticos, de ocios y comadreo, de juegos infantiles y circunstancialmente lugar de fiestas y jolgorios.

Si ya anteriormente afirmé que de la vida cotidiana se obtiene un cierto uso del espacio, es posible entonces encontrar dentro del barrio y de la vivienda, dos niveles: uno social y otro espacial, y que sin embargo los podemos encontrar fundidos al realizar el estudio de la calle, del zaguán, del patio, y de la vivienda y el cuarto redondo.

4.5 Borde bio-productivo

La zona C del borde representa el elemento que realmente deberá obstaculizar el desbordamiento de la mancha urbana sobre las áreas de conservación ecológica. En la propuesta de Plan Parcial se realizó una modificación de los usos del suelo en Suelo de Conservación, con ello se pretende crear una zona de producción agroindustrial que fomente actividades tanto agrícolas, como pecuarias, un borde bio-productivo destinado a impulsar todas aquellas actividades económicas primarias, complementarias y de alta tecnología que logren que las tierras ubicadas en el borde sean altamente productivas, su valor se incremente y, por ende, existan intereses reales que se encarguen de no hacerlas susceptibles a la apropiación ilegal. Los terrenos del suelo de conservación sobre los que se extiende el borde bio-productivo no presentan del todo buenas características; muchos de ellos, como ocurre en la zona poniente de nuestro polígono, en tierras pertenecientes a la Delegación Magdalena Contreras, son residuos territoriales que la mancha urbana no ha querido asimilar por encontrarse en una topografía excesivamente accidentada. Esta circunstancia, junto con la existencia de la carretera Picacho-Ajusco, se significó como un límite o borde físico que por gran tiempo contuvo la expansión urbana hacia la zona de reserva ecológica.

La alta productividad, esperada de las actividades efectuadas al interior del borde, tiene como principal limitación el actual déficit en infraestructura, especialmente el suministro de agua potable. Considerando esta situación, he desarrollado un proyecto de producción pecuaria en el que el consumo diario de agua por animal no es considerable, para ello la talla de los animales no debe ser muy grande. A partir de esta conjetura y acudiendo a los Institutos de Ecología y Veterinaria de la UNAM, se determinó, con base en las características geográficas de la zona y considerando una factibilidad financiera en la que los costos iniciales para echar andar la producción no fueran elevados, que las actividades pecuarias más apropiadas dentro del borde son la apicultura, cunicultura y coturnicultura. De estas actividades opté por la última, por la cría de codornices.



5.1 Granja coturnícola

5.1.1 Coturnicultura. Cría industrial y para caza de codorniz.

*"De la carne de las aves, buena la de perdiz y mejor de codorniz.
La codorniz que vuela a la cazuela"*
Refranero

Codorniz

Orden: Gallináceas

Familia: Faisánidas

Género: *Coturnix*

Coturnix Coturnix Coturnix (Codorniz europea o salvaje, apta para vuelo. Su peso oscila entre 100-120 gr.).

Coturnix Coturnix Japónica (Codorniz doméstica, apta para carne. Su peso fluctúa alrededor de 220 gr.).

Las principales propiedades de la codorniz son:

- Por su escaso contenido de colesterol posee gran valor dietético y terapéutico.
- Se recomienda su ingestión para enfermos asmáticos, anémicos y raquíticos.
- La carne contiene vitaminas A, D, C, E, B1 y B2.
- El huevo aporta aminoácidos y minerales (hierro, manganeso, cobre, fósforo y calcio).
- El período de incubación total es de 17 días.
- A los 25 o 30 días de vida, las codornices destinadas a cotos de caza pueden ser trasladadas a los voladeros.
- A los 38 días de vida las codornices han alcanzado su óptimo desarrollo.
- Pueden llegar a pesar \pm 350 gr.
- A los 42-45 días de vida comienza el ciclo reproductivo, con una duración media de 5 meses productivos.
- La densidad puede ir (dependiendo del sistema) de 100 a 160 codornices por m².



5.1.2 Programa arquitectónico

La cría de codornices, entendida como un proceso industrial, establece cinco fases en la producción:

- reproducción;
- incubación;
- eclosión;
- crianza; y
- sacrificio.

Esto hace suponer, atendiendo a razones básicas como la funcionalidad e higiene, la existencia de una nave para cada una estas fases. Sin embargo, he determinado que, en su conjunto, el proyecto de granja coturnícola conste de cuatro naves, una vez que la incubación y la eclosión, por la afinidad de su naturaleza y buscando un mayor beneficio práctico, se han instalado dentro de la misma nave. Las siguientes tablas corresponden al programa arquitectónico, en la columna de requerimientos he omitido las dimensiones mínimas requeridas; los espacios se han dimensionado con base en un módulo de 50 x 100 cm, que corresponde tanto a las dimensiones de las baterías de reproducción, incubación y eclosión, como a las bandejas de selección y almacenamiento; y en una producción, que considera una población de reproductoras que fluctúa entre las 2100 y 3360 codornices, tomando en cuenta una densidad que oscila de 100 a 160 codornices/m²; una puesta de hasta 15 mil huevos; y la cría en suelo de hasta 8500 pollitos, de los cuales hasta un 20% puede destinarse para cotos de caza.

Nave de rastro			
Espacio	Actividades	Equipo	Requerimientos
Patio de carga y descarga	Transportación de la carne para su distribución	Camión con sistema de refrigeración integrado	Contiguo al rastro
Oficina de control	Control del proceso y sus condiciones	Mobiliario de oficina	Contiguo al andén de carga y descarga
Sala de inspección y pesado premórtem	Inspección sanitaria de las codornices a sacrificar	Básculas electrónicas Cajas de selección	Desinfección de las cajas
Cuarto de insensibilización y desangrado	Sacrificio de las aves por desangrado	Equipo de insensibilización Escurrido	Disponibilidad de agua Drenaje
Sala de inspección postmórtem, desollado y evisceración	Desplumado y retiro de las vísceras de las aves	Pileta o tarjas	Agua caliente Depósito de desechos orgánicos
Cuarto de lavado de canales	Lavado de la carne de codorniz	Bandejas de almacenamiento	Disponibilidad de agua Drenaje
Sala de clasificación de la carne	Clasificación o selección de la carne por talla o peso	Bandejas de selección	Temperatura de 14 -16 °C
Área de refrigeración	Almacenamiento y refrigeración de la carne	Congeladores Subestación eléctrica	Temperatura < 10 °C Humedad relativa 75-80%

Nave de cría			
Espacio	Actividades	Equipo	Requerimientos
Cría de pollitos para consumo humano	Cría de pollitos	Comederos Bebedores Anillos para pollitos	Temperatura ± 37°C Humedad relativa < 60% Ventilación natural
Cría de pollitos para cotos de caza, parques o voladeros	Cría de codornices para la suelta o repoblación de cotos de caza	Comederos Bebedores	Recintos delimitados por mallas o redes, de preferencia adosados a la nave de cría

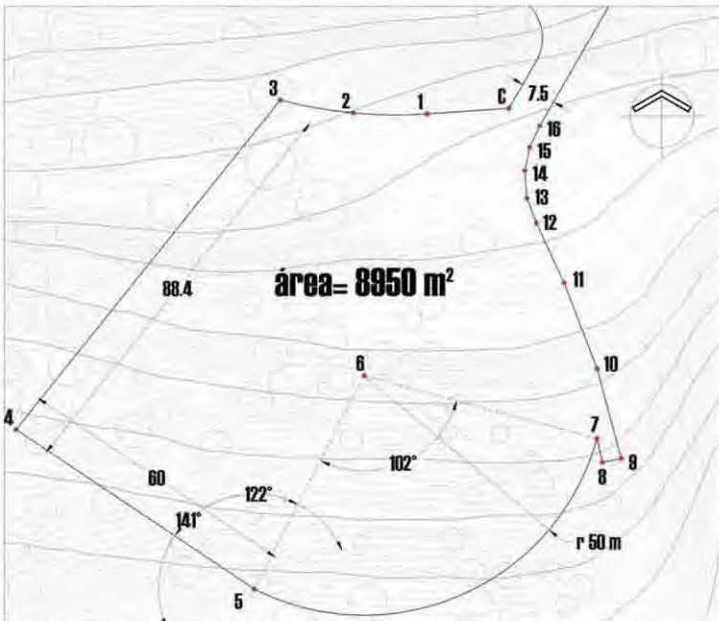
Orientación en contra de los vientos dominantes
Drenaje
Disponibilidad de agua
Electricidad

Nave de incubación			
Espacio	Actividades	Equipo	Requerimientos
Sala de Descarga de los huevos	Recepción de los huevos de codorniz		
Sala de Triaje o Selección	Separación de los huevos anormales o rotos	Bandejas de selección	
Sala de Fumigación	Desinfección de los huevos	Equipo de fumigación	Aspersores
Sala de Conservación o Espera	Almacenamiento y colocación de los huevos en las bandejas de incubación	Bandejas de incubación	Temperatura de 10-15°C Humedad relativa 75-80%
Sala de Incubación	Incubación de los huevos Volteo de los huevos Inspección ovoscópica	Máquinas incubadoras: horizontales o verticales que funcionen a una temperatura de 37.5 - 38°C y a una humedad de 55 - 58°C	Temperatura de 20-21°C Humedad relativa < 70% Renovación del aire Gas, petróleo o electricidad Subestación eléctrica
Sala de Eclosión o Nacimiento	Transferencia de los huevos a bandejas hacedoras Nacimiento de los pollitos	Bandejas de nacimiento	Temperatura de 37°C Humedad aumenta 60-80% Mayor oxigenación
Sala de Contaje y Selección	Eliminación de pollitos defectuosos y huevos sin eclosionar	Básculas electrónicas Cajas (cartón o plástico)	Desinfección de las cajas
Muelle de Carga	Transportación de los pollitos a las granjas de cría	Camión desinfectado	Contiguo a sala de contaje
Sala de Limpieza	Desinfección del material de incubación y eclosión	Máquina de esterilización	Agua caliente a presión
Oficina de Control	Control del proceso y sus condiciones		

Nave de reproducción			
Espacio	Actividades	Equipo	Requerimientos
Antesala	Vestidor, almacén y cuarto de desinfección		
Sala principal	Alojamiento, reproducción, alimentación y defecación de las codornices reproductoras	Baterías superpuestas	Alejada de la nave de cría Sistema de alimentación Sistema de arrastre fecal Aislamiento térmico Temperatura \pm 24°C Humedad relativa 60%
Sala de Conservación	Conservación de los huevos en espera de ser trasladados a la nave de incubación	Bandejas de almacenamiento	Temperatura de 14-16°C Humedad relativa 70-75%



●	X	Y
C	0	0
1	-17	-12
2	-32.5	-1
3	-47.6	17
4	-102.6	-67.5
5	-53	-101
6	-30.15	-56.15
7	18.35	-69.35
8	18.5	-74.3
9	23.4	-73.55
10	18.4	-54.75
11	11.5	-36.6
12	5.75	-24.15
13	3.75	-18.85
14	3.3	-13.05
15	4.3	-8.25
16	6.45	-3.7

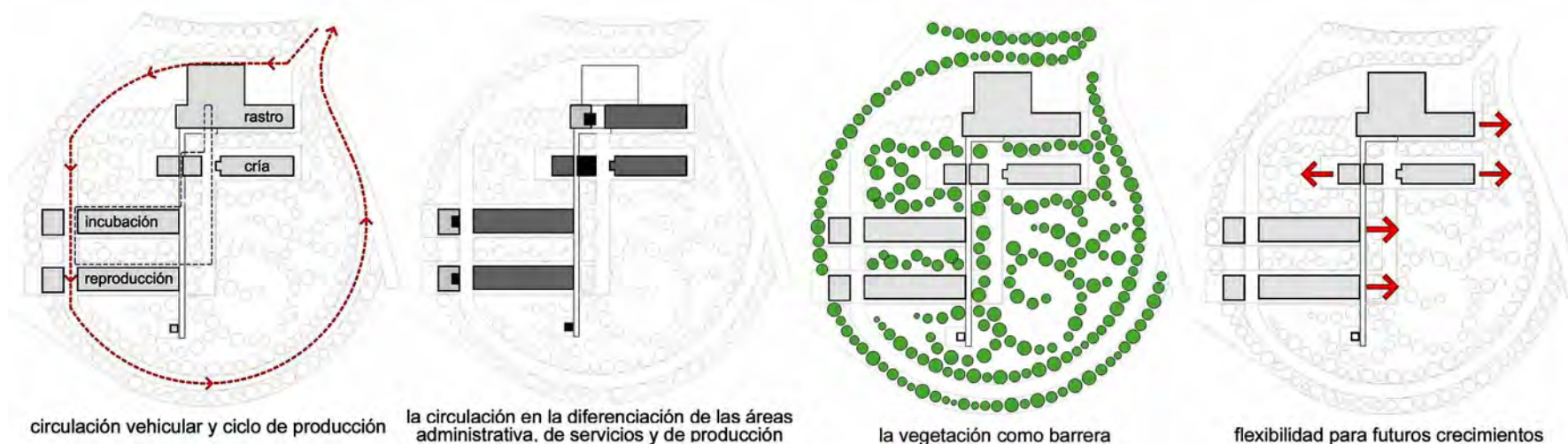


5.1.3 Planteamientos conceptuales

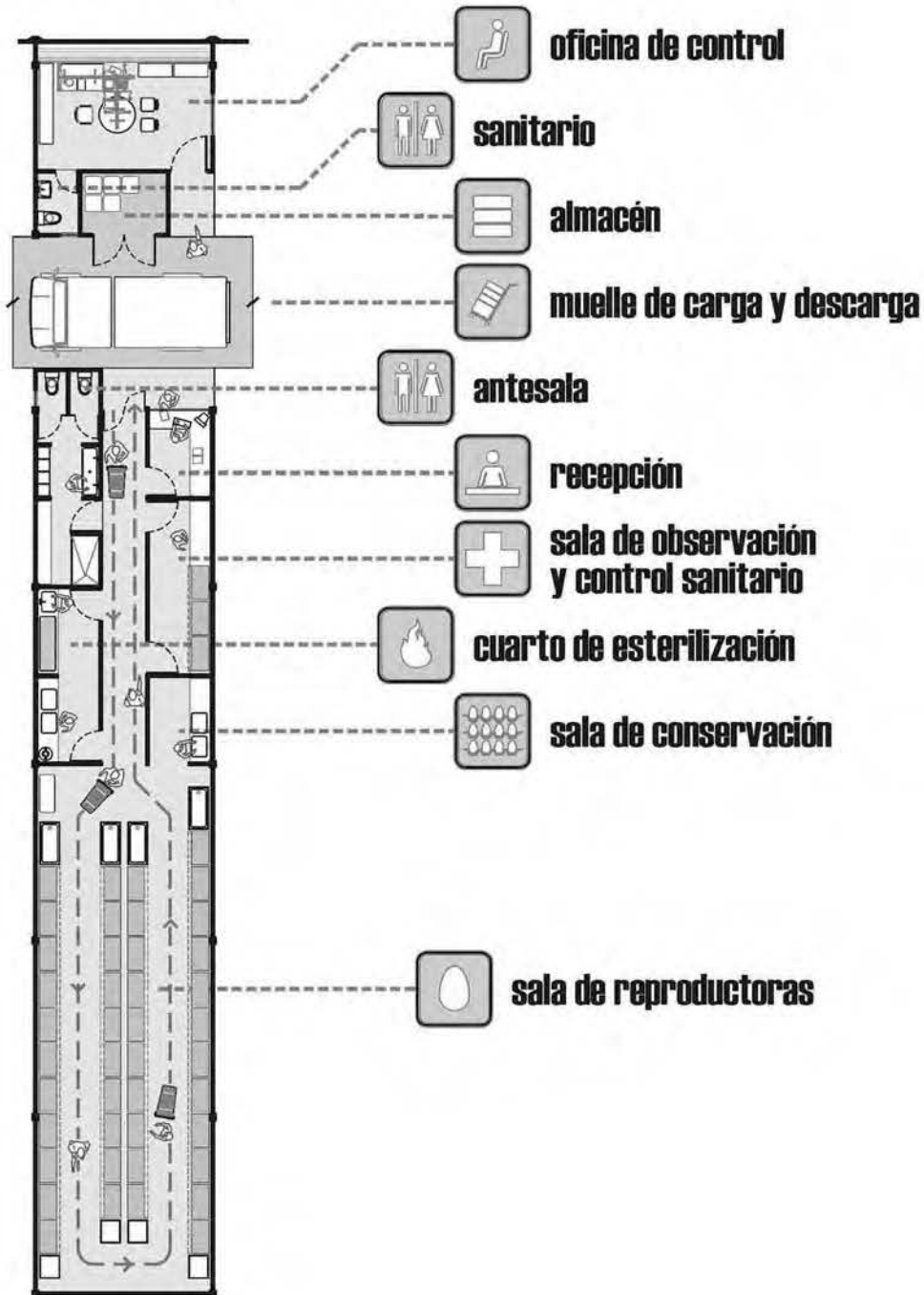
El proyecto de granja coturnícola se localiza dentro de la zona C o borde bioproductivo al sur poniente de la zona de estudio, por encima de la cota de los 2815 msnm., muy cerca de donde el borde pierde, circunstancialmente, su continuidad debido al paso de la carretera Picacho-Ajusco. El terreno, de pendiente no muy pronunciada (10 a 15 %) y de casi una hectárea de superficie, se ubica en las inmediaciones de la zona B, muy próximo a la ciudad lineal, esta circunstancia ha influido en la elección de un partido arquitectónico circunscrito, en donde los edificios se encuentran contenidos dentro de un anillo arbolado que brinda cierta distancia, cierta exclusión con respecto a los cercanos bloques de vivienda.

Las actividades de la granja se desarrollan al interior de cuatro naves, dispuestas, en su conjunto, atendiendo a la lógica del ciclo productivo (reproducción• incubación y eclosión• cría• sacrificio), a las limitaciones que impone la topografía; al aislamiento que, por higiene, debe existir entre algunas de ellas; y a la flexibilidad ante un posible futuro crecimiento. La nave de rastro representa algo así como el último eslabón de la cadena productiva, por ello se encuentra cercana al acceso del conjunto en donde resulta más factible la entrada y salida de productos. La nave de cría, debido a que funcionalmente se divide en dos partes (crías para caza y para consumo) vinculadas mediante un silo, tiene una ubicación más central en el conjunto ya que esta disposición le facilita un crecimiento en dos direcciones. Por su parte, las naves de incubación y reproducción se sitúan en la parte poniente del terreno de tal forma que sus crecimientos tenderían a desarrollarse hacia el lado este del conjunto. Las naves se encuentran vinculadas por un circuito vial que se desarrolla paralelamente al anillo arbolado, y por un par de andadores (uno de ellos cubierto); pero al mismo tiempo se aíslan unas de otras mediante franjas de vegetación. Analizando los espacios requeridos para cada una de las naves, se puede reconocer la existencia de tres áreas en cada una de ellas, que corresponden, funcionalmente, a las áreas administrativas, de servicios y de producción. Se ha buscado una diferenciación en la composición espacial de estas áreas tanto formalmente, mediante una variación en la estructura, como en lo funcional a través de la circulación.

En el diseño se observa una preocupación por alcanzar una simplicidad en las plantas -a través de establecer una claridad o lógica de las circulaciones-, por la elección de una limitada paleta de materiales -cuyo mantenimiento no represente un gasto considerable-, pero sobre todo, una inquietud por las cubiertas -privilegiando la entrada de luz a través de sus planos parabólicos o dentados- y en el aprovechamiento de las superficies para la captación de agua pluvial. En cuanto a la forma, estamos frente a una arquitectura que busca manifestarse no a través de formas ininteligibles, ni de alardes tecnológicos o del empleo de costosos materiales, sino mediante el raciocinio de la forma, a través de un mayor conocimiento de la geometría estructural y mecánica de materiales, camino que conduce a una racionalización para nada estéril, sino hacia una plástica honesta que, dotada de una relativa sencillez o simplicidad estructural nacida del uso de la cerámica armada, puede, sin embargo, alcanzar tintes de una lucidez expresiva.



Nave de reproducción



nave de reproductoras

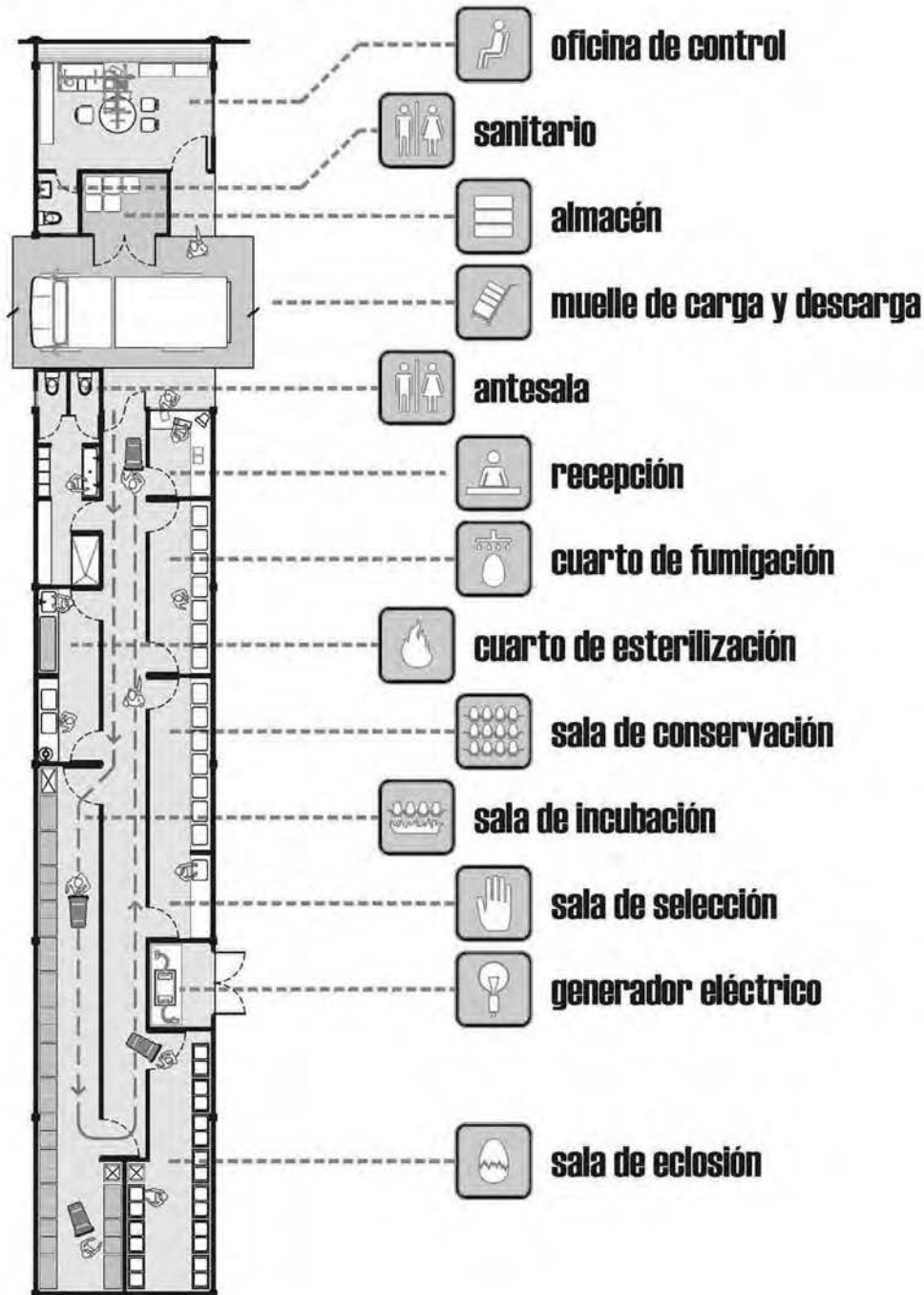


tolva suministradora de pienso



sistema automático de alimentación

Nave de incubación y eclosión



recolección de huevos

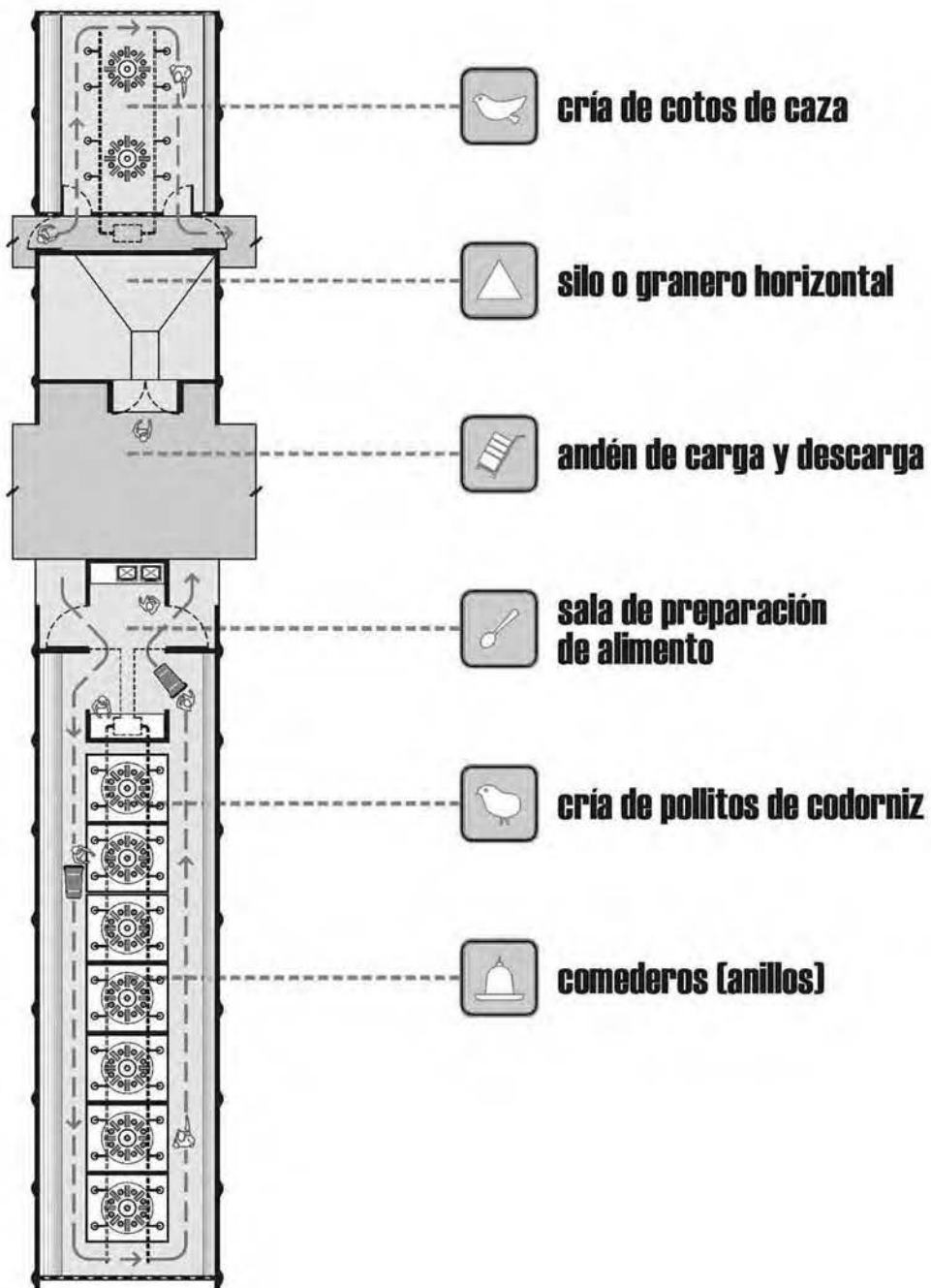


sala de fumigación



sala de conservación

Nave de cría



comedero

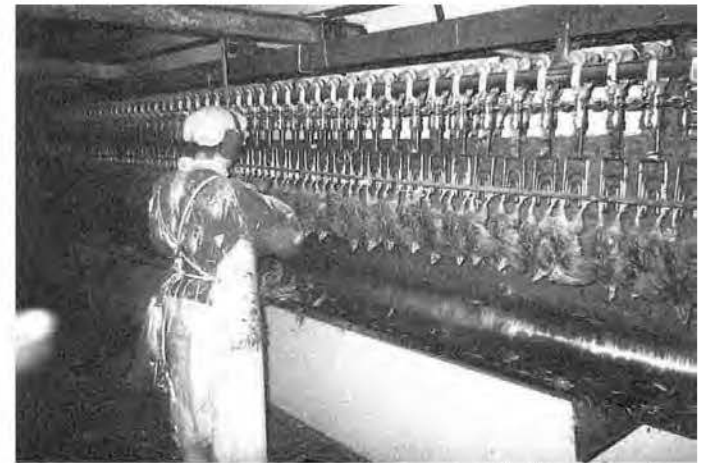
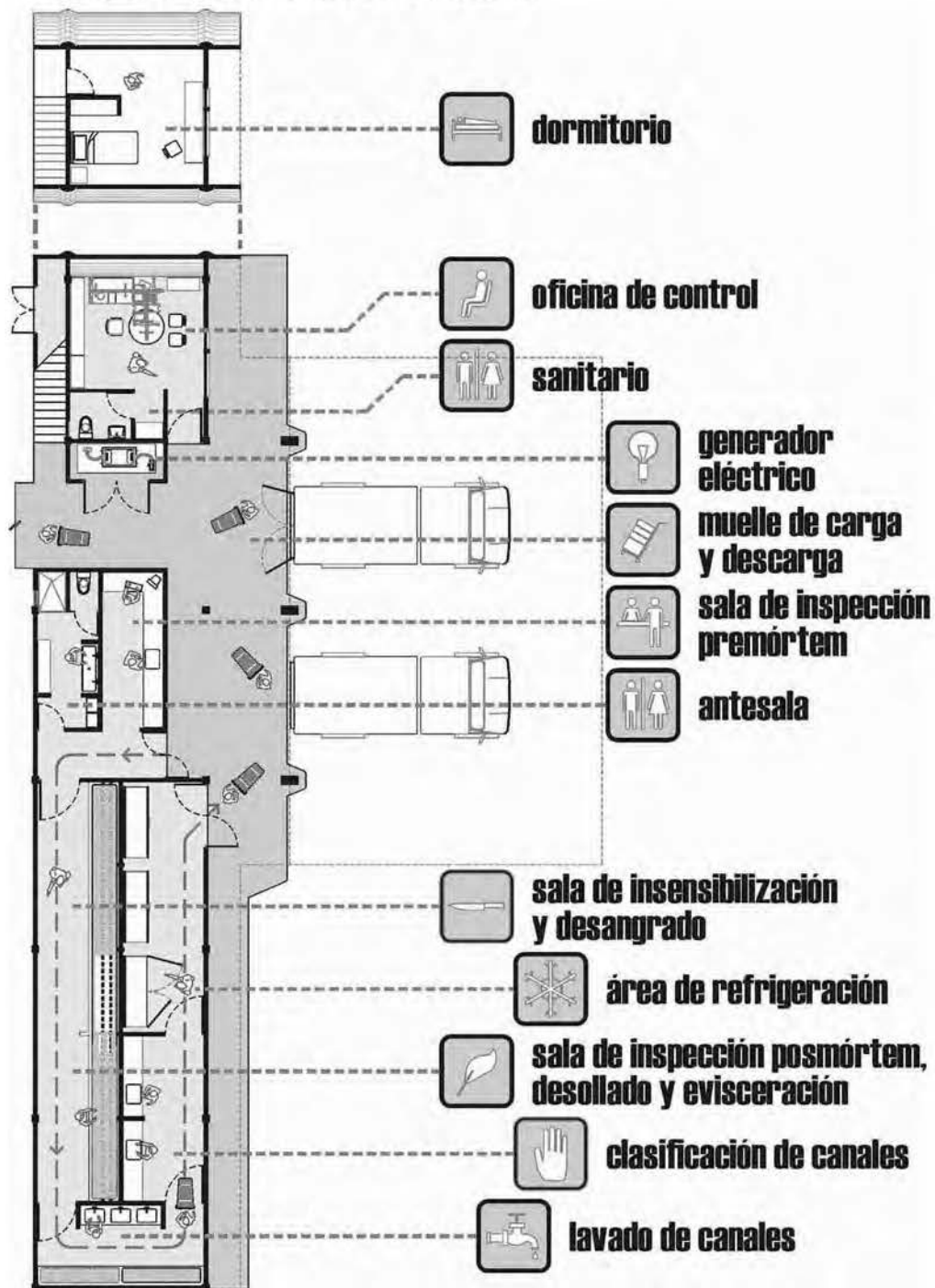


bebedero

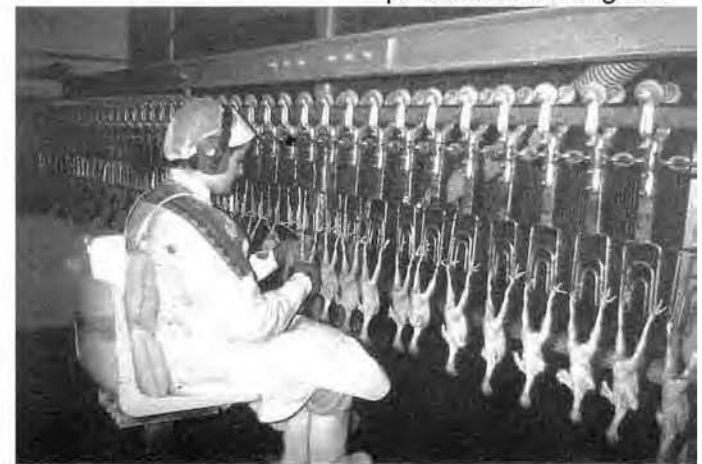


parque o voladero para cotos de caza

Nave de rastro coturnícola



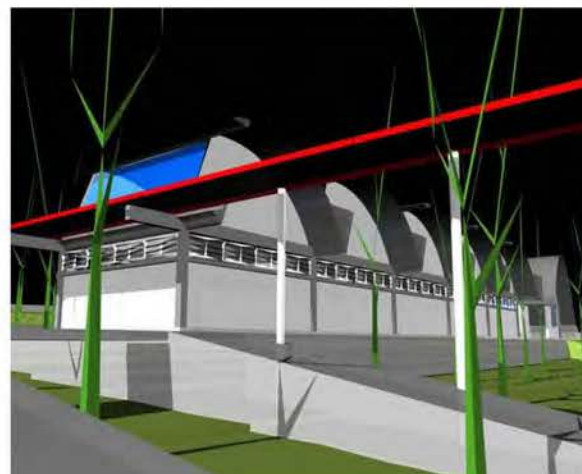
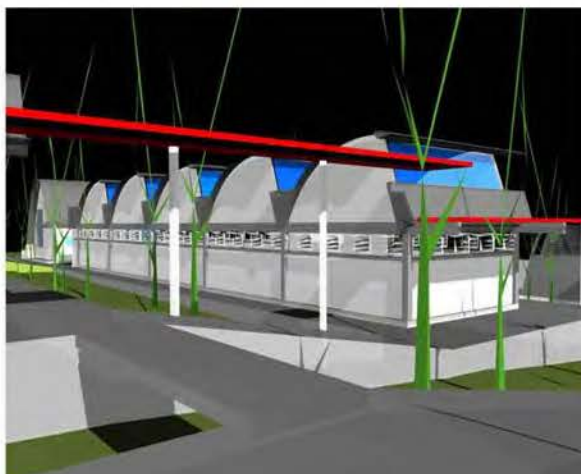
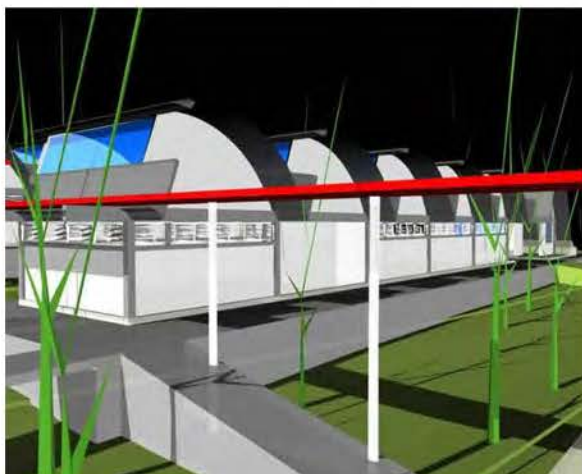
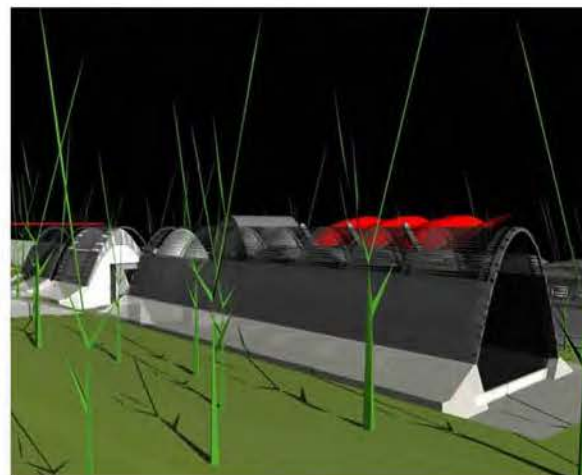
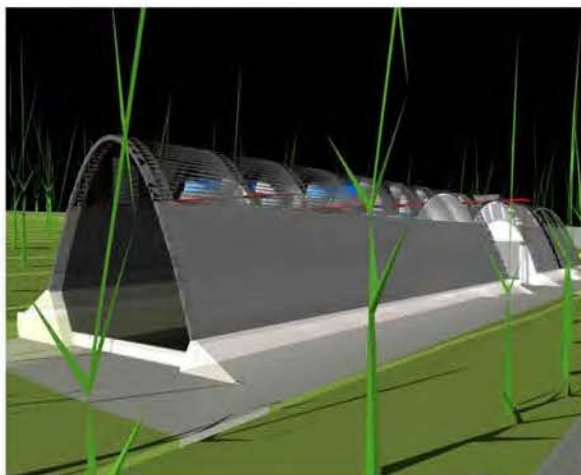
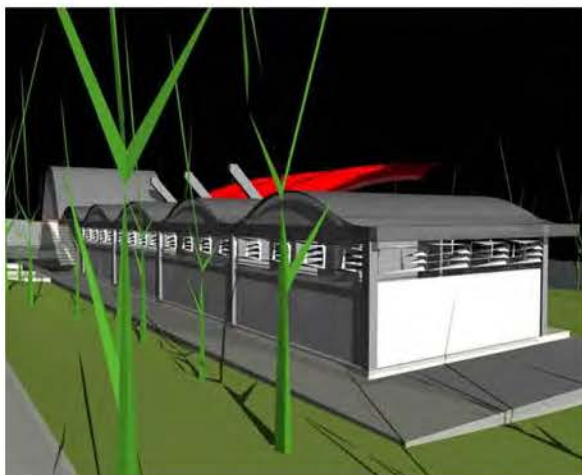
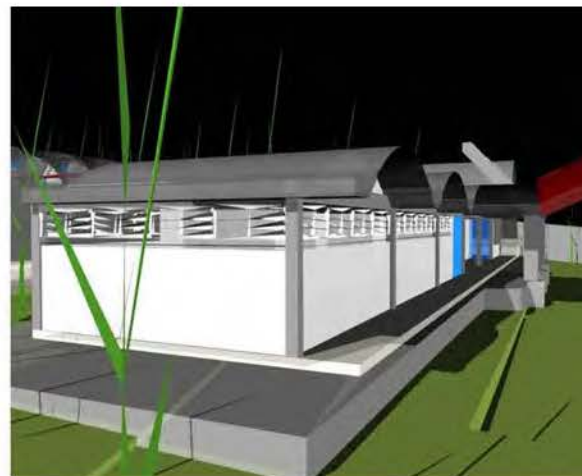
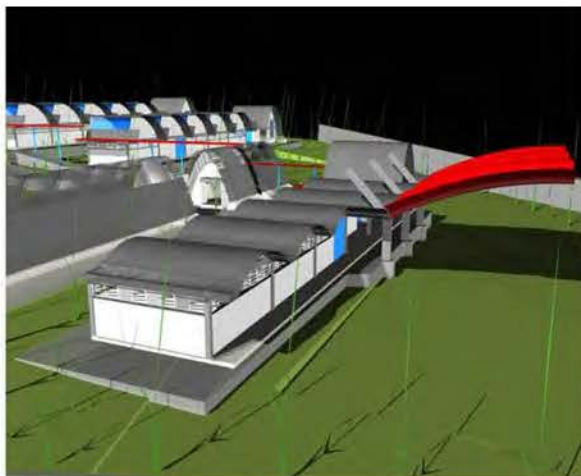
proceso de desangrado

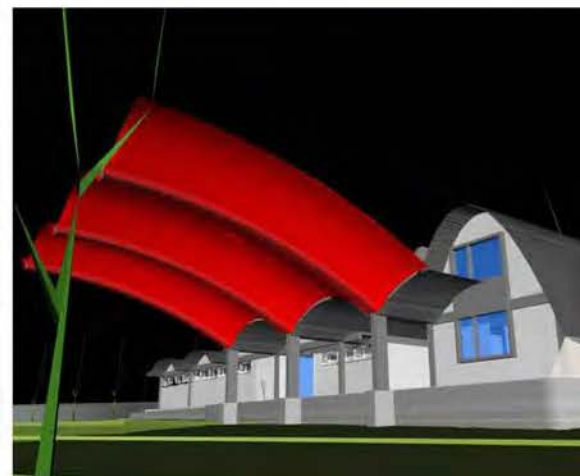
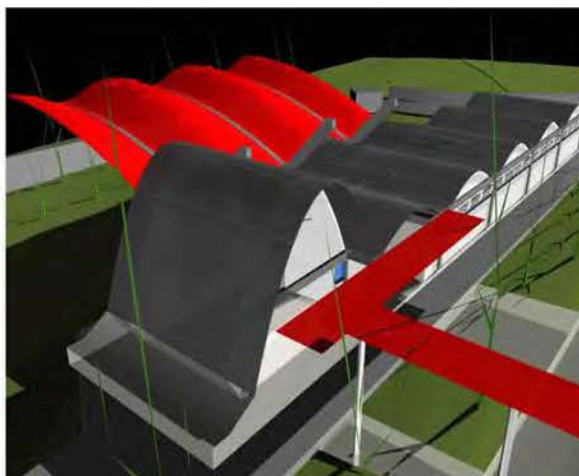
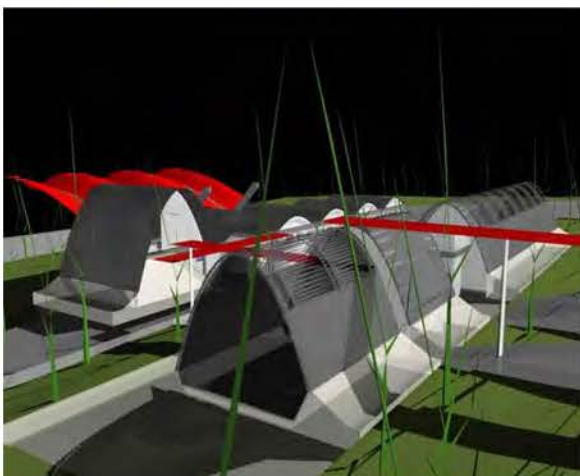
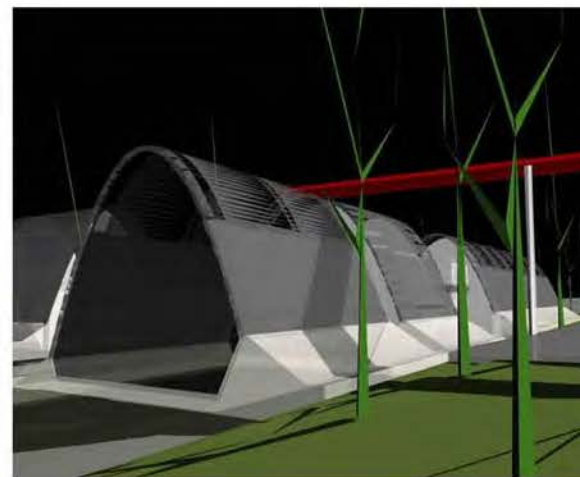
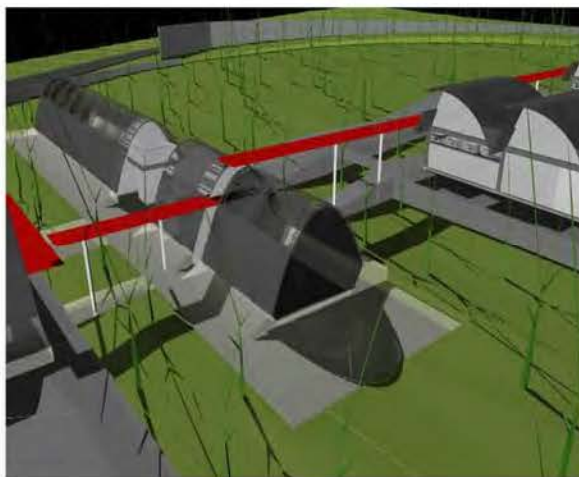
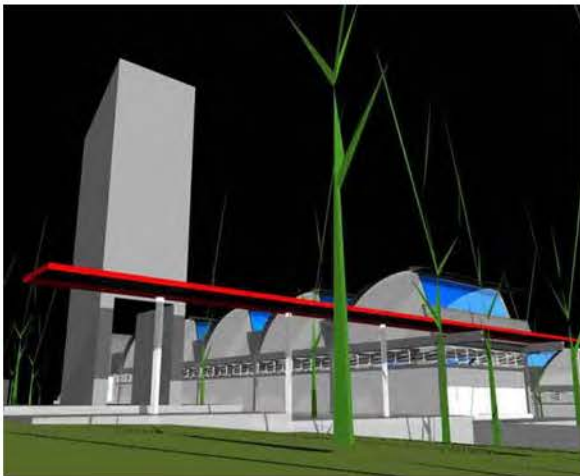


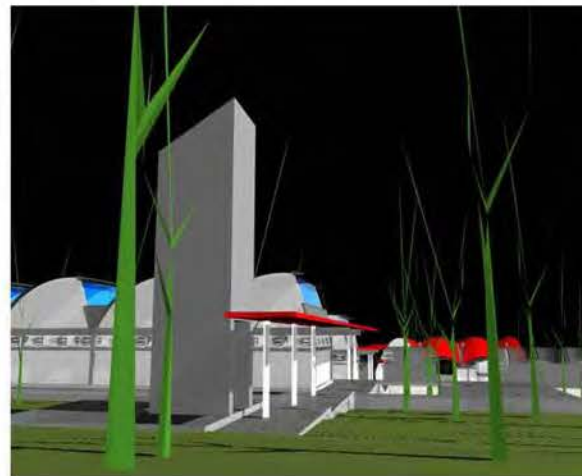
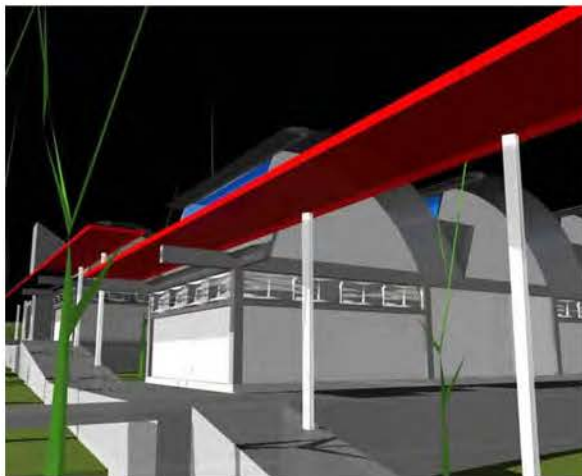
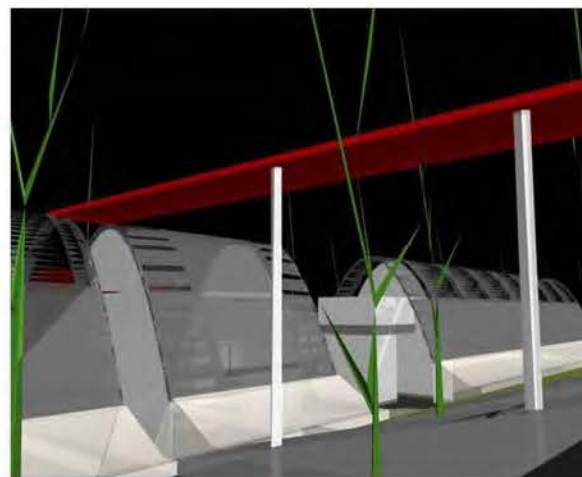
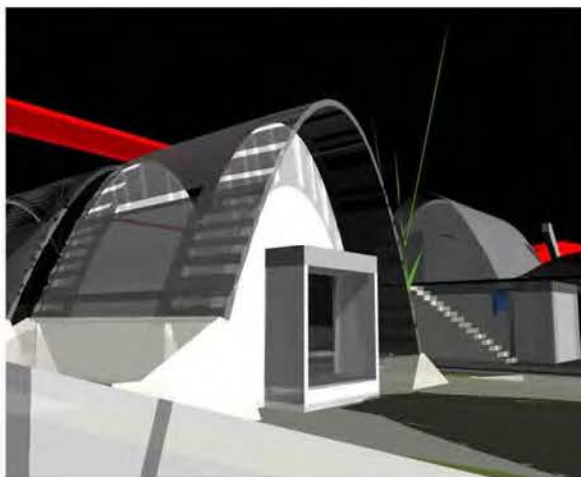
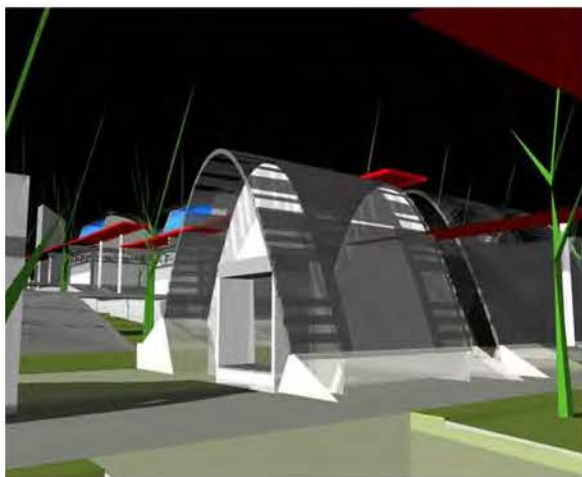
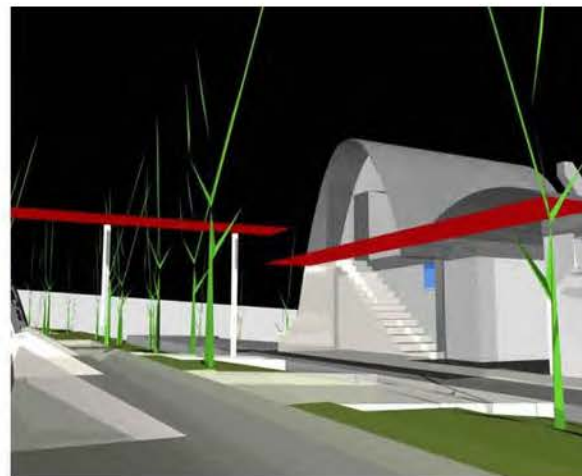
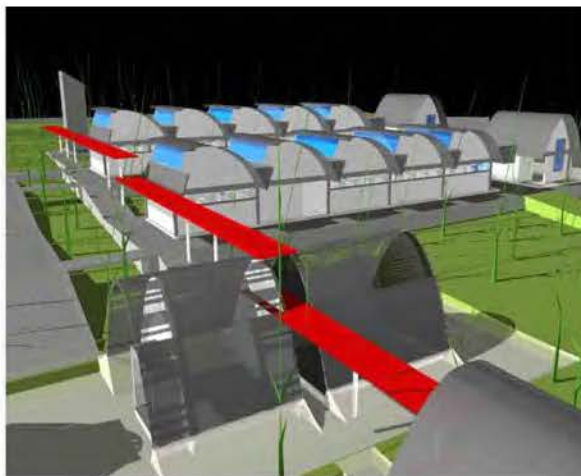
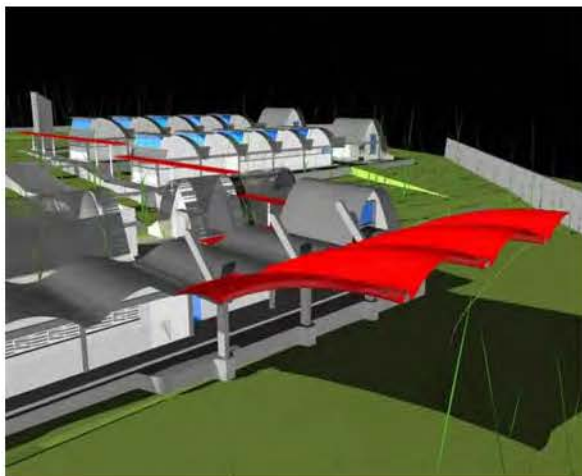
proceso de evisceración



almacenamiento y conservación de canales







Bordes de ciudad

Granja coturnícola:

Cálculo estructural de bóvedas de cerámica armada



Arq. Alfonso Sanabria González

Cálculo estructural de bóvedas de cerámica armada

1.1	La cerámica armada	3
1.1.1	Bóvedas autoportantes	4
1.2	Bóvedas de directriz parabólica en voladizo	5
1.2.1	Diseño y cálculo de una bóveda tipo de directriz parabólica	6
1.2.2	Diseño y cálculo de un medio arco de concreto armado en voladizo	11
1.2.3	Diseño y cálculo de los elementos portantes (cables y columnas)	18
1.3	Bóvedas cilíndricas dentadas	28
1.4	Bóveda corrida de directriz parabólica	35



1.1 La cerámica armada.

“No podemos, pues, posponer para la ciudad futura la belleza y la dignidad que tanto necesitamos para resistir el rigor de la vida; no podemos posponerlas como principio, aunque podamos tener que transigir en la práctica; hay que transigir cuando no hay más remedio y buscando siempre lograrlas.

Una arquitectura sana no puede producirse sin un uso racional y económico de los materiales de construcción; por eso está justificada la búsqueda de aquellas formas que adecuen de modo más íntimo lo que hacemos a las leyes que rigen la materia, teniendo además en cuenta que es el hombre el que debe trabajar sobre esa materia, elaborarla”.

Eladio Dieste

La cerámica armada –ladrillo + acero- resulta especialmente adecuada para estructuras laminares que necesitan particulares cualidades de rigidez y peso, donde la forma es la que confiere al material la capacidad para resistir las solicitaciones. La forma se convierte, entonces, en el factor que permite el diálogo entre lo que hay que resistir y la capacidad de hacerlo. Por eso las formas empleadas –bóvedas, cáscaras, superficies regladas, secciones de catenaria- no surgen de una propuesta geométrica o de una voluntad de diseño puramente figurativa: están intrínsecamente ligadas a unas necesidades estructurales.

Algunas consideraciones que justifican la elección del ladrillo son:

- Su elevada resistencia mecánica. La gran masa del material que se produce en los países industrializados tiene resistencias entre 500 y 1000 kg/cm², hay ladrillos que alcanzan 1500 kg/cm², resistencias que igualan o superan a la de algunos concretos.
- Con la tierra cocida son posibles mampuestos de una liviandad inalcanzable con el cemento.
- A igualdad de resistencia, el ladrillo tiene un módulo de elasticidad menor que el concreto, lo que es una ventaja y no un inconveniente, porque da a la estructura una mayor adaptabilidad a las deformaciones.
- Buen envejecimiento: con un mínimo de cuidado la estructura envejece mejor que las de concreto y resiste también mejor los cambios bruscos de temperatura.
- Buen aislamiento térmico que puede ser incrementado aún más ante la posibilidad de incluir en su masa granos de cerámica expandida.
- Mejor comportamiento acústico por el menor E (módulo de elasticidad) y por la facilidad con que se hacen en ladrillo formas acústicamente convenientes.
- Capacidad de regulación “natural” de la humedad ambiente, de efecto mayor de lo que podría suponerse.
- La superficie, frente a una de concreto, irradia menos calor en invierno y nos toma menos del verano.
- Con las actuales técnicas de fabricación y con una racionalidad, se puede obtener un precio por metro cúbico de material fabricado no comparable al de ningún otro de calidad semejante.
- El costo de la estructura es muy bajo, no fácilmente alcanzable con otros materiales de calidad equivalente.

1.1.1 Bóvedas autoportantes.

Son bóvedas cilíndricas de directriz parabólica y catenaria. Las generatrices (salvo las extremas) son los valles entre dos bóvedas y deben ser capaces de resistir la carga vertical correspondiente, carga que debe ser tomada por columnas o muros de carga en los extremos de cada valle. Las generatrices extremas deben resistir además la componente horizontal de los empujes. Estos empujes laterales pueden ser absorbidos por elementos de apoyo como muros de carga, contrafuertes, tensores o por vigas losas horizontales en el caso de prolongar tales generatrices como ménsulas voladas de la bóveda.

Para la cimbra basta con construir un solo molde, de pequeña longitud, que puede correrse a lo largo de caminos paralelos a las generatrices. Los moldes son livianos, baratos y de sencillo manejo puesto que son una parte muy pequeña de la superficie a techar.

Durante la construcción de las bóvedas es preciso dejar, entre las juntas de los ladrillos, el armado necesario para que puedan trabajar cuando haya endurecido el mortero, así como las preparaciones necesarias para el paso de los cables de postensado en el caso de necesitarse. Cuando se acaba de construir la parte cerámica de las bóvedas, se les termina con un enlucido de arena y cemento en el que quedan ahogados una fina malla electrosoldada con el propósito de controlar las fisuras de retracción, el eventual armado adicional para el cortante y el armado al que se anclan los extremos de los cables de postensado, si los hay.

Este tipo de bóvedas pueden idealizarse estructuralmente como:

- Arcos de gran ancho, de empuje eliminado, cuyas secciones se encuentran trabajando para el peso propio, a compresión simple, por consiguiente con momento total nulo.
- O bien, como vigas formadas por un valle y dos tramos de cáscara o bóveda adyacentes, cuya sección debe dimensionarse para resistir esencialmente los momentos flectores, puesto que los cortantes correspondientes a estos momentos son muy pequeños y los de torsión sobre la cáscara pueden despreciarse.

Todas las generatrices suponen para la estructura global articulaciones exteriores. Puede admitirse que cada nudo gira, manteniendo su continuidad, alrededor de esta articulación. En la realidad, en cada uno de los valles intermedios se tiene una pieza horizontal de muy pequeña longitud, pero cuya rigidez es superior a la de la cáscara de cerámica armada de la bóveda; cada par de arcos o segmentos de esta cáscara que confluyen a un mismo valle intermedio pueden suponerse continuos en él.

Las características de las bóvedas construidas con cerámica armada pueden resumirse en los siguientes puntos:

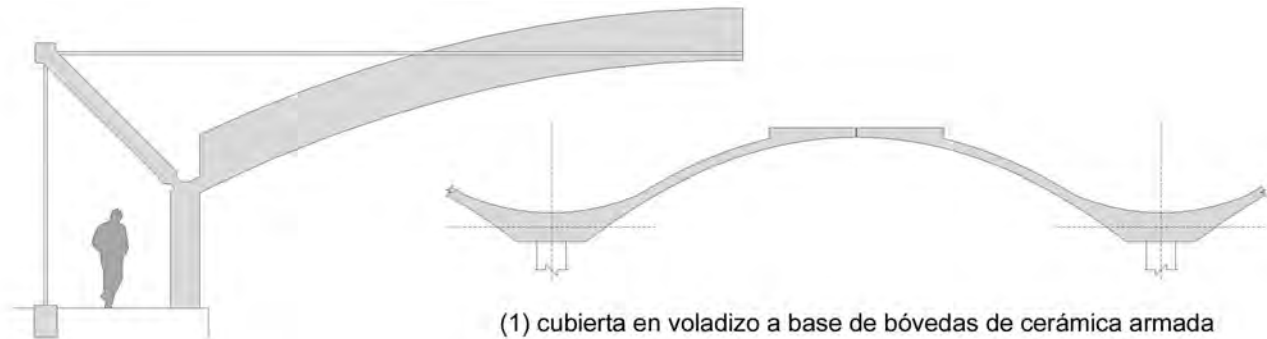
- El complejo ladrillo+mortero+acero se comporta como una unidad estructuralmente viable.
- La elección de directrices como la parábola y, sobretodo, la catenaria, conlleva a que el peso produzca compresión simple; y esta compresión hace capaz a la estructura de resistir flexiones.
- Las tensiones de compresión debidas al peso propio son independientes de la sección, ya que la fuerza directa es proporcional al peso por unidad de desarrollo. Estas tensiones son bajas, por ejemplo, en una bóveda de 100 m de luz y 10 m de flecha de compresión es de ± 27 kg/cm² suponiendo un peso específico medio de 2 toneladas/m³.
- El armado mínimo asegura que la cáscara reaccione como una unidad elástica frente a las cargas concentradas.

- Teniendo en cuenta que el único material a endurecer es el de las juntas y que el tirado de la mezcla hace que el mortero tome una resistencia que, aun siendo pequeña, puede ser suficiente, se intuye en seguida que, para descimbrar la bóveda, no es necesario esperar el endurecimiento normal del mortero.
- Las formas geométricas de las bóvedas se obtienen a partir de desplazar una catenaria o parábola de cuerda fija (aunque puede ser de flecha variable), contenida en un plano vertical móvil que se traslada, manteniéndose paralelo a otro plano vertical fijo, de modo que los arranques de estas catenarias recorran dos rectas paralelas entre sí, en general contenidas en un mismo plano horizontal.

1.2 Bóvedas de directriz parabólica en voladizo.

• Descripción de la estructura

Anexa a la nave del rastro coturnícola he diseñado una cubierta para el área de carga y descarga, esta cubierta consiste en una serie bóvedas (de directriz parabólica y cerámica armada) que descansan sobre medios arcos de concreto armado en cantiléver o voladizo. Los momentos que se generan, principalmente a causa del peso propio de la estructura, son contrarrestados por cables de acero que conducen horizontalmente dichos empujes hacia un brazo inclinado articulado al apoyo principal; mientras que otra serie de cables, anclados al brazo articulado, transfieren verticalmente los empujes hacia un lastre hincado en el terreno. El sistema se completa cuando la cimentación del apoyo principal transmite al terreno las fuerzas compresivas provenientes tanto del medio arco en voladizo como del brazo articulado.



• Suposiciones iniciales

El concreto armado tiene un esfuerzo admisible a la compresión de 240 kg/cm^2 equivalente en el Sistema Internacional de Medidas a una resistencia de poco más de 23.5 MPa . Con algunos fines prácticos de cálculo, consideraré una resistencia de 102 kg/cm^2 ó 10 MPa , lo que equivale a casi un 40% de su capacidad real. Este es, sin embargo, un valor aceptable para un diseño preliminar de estructuras en concreto armado. Al asumir un mínimo espesor para el cascarón de cerámica armada de las bóvedas, sus empujes deben ser fracciones inferiores a los 10 MPa , proveyendo en efecto un enorme factor de seguridad contra los grandes riesgos e incertidumbres asociadas con su esbeltez. En el proceso de determinación de las fuerzas y de la forma de la estructura, calcularé inicialmente las bóvedas de cerámica armada, los medios arcos en voladizo, los cables de tracción, el brazo articulado (incluyendo los elementos de anclaje o sujeción), y finalmente, el lastre y la cimentación.

1.2.1 Diseño y cálculo de una bóveda tipo de directriz parabólica.

A diferencia de los cascarones de concreto armado, en donde la suma de los diámetros del acero de refuerzo más el recubrimiento mínimo de concreto determinan el espesor del cascarón, en las bóvedas de cerámica armada el espesor está en función de las dimensiones del ladrillo o bovedilla a emplear y del espesor de la capa superior de compresión. Ante los problemas de estabilidad que supone el mínimo espesor de las bóvedas, la forma juega un papel primordial en la rigidez de la estructura; se buscan la tracción y compresión puras, lo que relega al acero a un papel un tanto secundario en el que se le confía el control de las cuarteaduras que puedan originarse a raíz de la contracción del concreto durante el fraguado, y de las flexiones, que aunque mínimas, siempre resultan inevitables.

Cada una de las bóvedas cubre 5.25 m (módulo empleado en cada una de las naves y por ende trasladado al entreje de los arcos en voladizo) y una flecha de 0.90 m. Para optimizar la forma de la cubierta, los medios arcos en voladizo se localizan en las intersecciones entre las bóvedas. Estos medios arcos, también de directriz parabólica y con un claro de 9.60 m, no están diseñados como nervaduras por debajo de los valles de la cubierta, sino como trabes de borde integradas a cada una de las intersecciones entre las bóvedas, esto hace que el claro real que cubre cada una de las bóvedas se reduzca a 4.65 m. Las bóvedas actúan, en realidad, como superficies de doble curvatura, debido a que la forma de los medios arcos en voladizo que las soportan les proporciona una curvatura secundaria en dirección perpendicular a su curvatura principal; esta doble curvatura brinda una rigidez adicional a las bóvedas. Con el propósito de un diseño simplificado, considero que cada bóveda de cerámica armada actúa en una sola dirección en franjas de arcos de un metro de ancho por ocho centímetros de espesor; y he de estimar el valor de las cargas sobre la proyección horizontal de un metro cuadrado de superficie de bóveda. La carga muerta, igual al peso propio de la bóveda más el del medio arco en voladizo, está en función de los pesos específicos de los materiales empleados (el ladrillo tiene un peso específico que va de 1500 a 1700 kg/m³, el mortero de cemento-arena 2000 kg/m³ y el concreto armado 2400 kg/m³). En virtud de estos pesos específicos y del volumen con que estos se encuentran en la bóveda, he adoptado el valor considerado por Eladio Dieste para el cálculo de sus estructuras. La carga viva por unidad de área ha sido tomada del Reglamento de Construcciones para el D.F. en el que se establece un valor de 40 kg/m² para cubiertas con pendiente mayor al 5%.

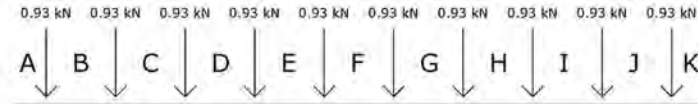
a. Determinación de la fuerza ejercida por cada metro cuadrado de bóveda

$$\begin{aligned} \text{Carga Muerta} &= (\text{espesor de la bóveda}) (\text{peso específico del material}) \\ &= (0.08 \text{ m}) (2000 \text{ kg/m}^3) = 160 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Carga Viva (tomada del RCDF)} &= 40 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Carga Total} &= 200 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Fuerza ejercida por esta carga} &= (200 \text{ kg/m}^2) (9.81 \text{ m/s}^2) = 1.962 \text{ kN/m}^2; \mathbf{2.00 \text{ kN/m}^2} \end{aligned}$$

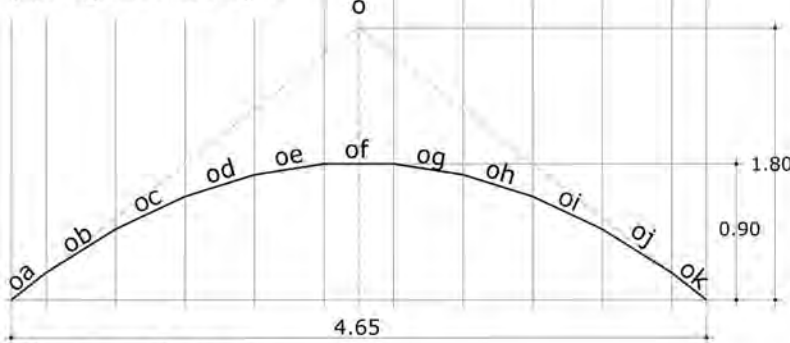
b. Determinación de las fuerzas y de la forma por métodos gráficos

Se asume que las cargas se distribuyen uniformemente, sin embargo para facilitar el análisis gráfico, he dividido la carga en diez cargas discretas. Cada carga es aplicada en el centro de un segmento de 0.465 m de claro. Por lo tanto la primera y la última carga se ubican a 0.2325 m de los extremos del claro, con las demás cargas actuando entre ellas a intervalos de 0.465 m. La magnitud de cada carga es:

$$P = (2.00 \text{ kN/m}^2) (0.465 \text{ m}) (1.00\text{m}) = \mathbf{0.93 \text{ kN} = 94.86 \text{ kg}}$$



(2) diagrama de cargas



(3) polígono funicular
escala 1: 50

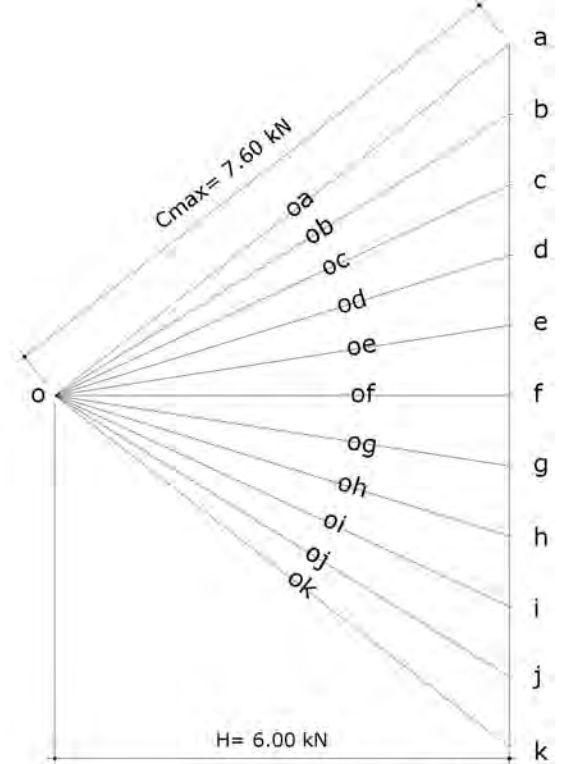
La figura 2 corresponde al diagrama de cargas en el que se observa la discretización de las cargas. Discretizar es convertir cargas continuas o uniformes, en discontinuas o discretas.

La figura 3 es el polígono funicular o diagrama de momentos que, en el caso de una carga uniforme, resulta una parábola de segundo grado.

La figura 4 es el polígono de fuerzas de la bóveda. Las rectas son vectores de las fuerzas de compresión presentes en la bóveda. La distancia polar "of" representa el empuje del arco parabólico; mientras que la recta "oa" y "ok" representan las fuerzas máximas de compresión.

Estas gráficas pueden ser escaladas para determinar gráficamente tanto las dimensiones del arco parabólico (curva directriz de las bóvedas) como las fuerzas de compresión puras.

Gráficamente se ha obtenido que en un arco o franja de bóveda parabólica de un metro de ancho la fuerza máxima de compresión es de **7.60 kN** y el empuje horizontal de **6.00 kN**.



(4) polígono de fuerzas
escala 1 cm = 1.00 kN

c. Determinación de la forma de la bóveda por métodos numéricos

La flecha o altura de la bóveda que he diseñado es de 0.90 m, y el claro de 4.65 m. He dividido el claro, de forma un tanto arbitraria, en diez partes iguales de 0.465 m de ancho, y calculado la altura del arco parabólico en cada intervalo usando para ello la siguiente ecuación:

$$yx = 4sx/L^2 (L-x) , \text{ que para cálculos repetitivos puede simplificarse en } yx = 4s (x/L - x^2/L^2)$$

donde:

x es el intervalo;

y es la ordenada de la parábola en cada intervalo;

s es la flecha del arco (0.90 m);

L es el claro del arco.

Así pues se tiene que:

$$y_{0.1} = (3.6 \text{ m}) (.1 - 0.1^2) = (3.6 \text{ m}) (0.09) = \mathbf{0.324 \text{ m}}$$

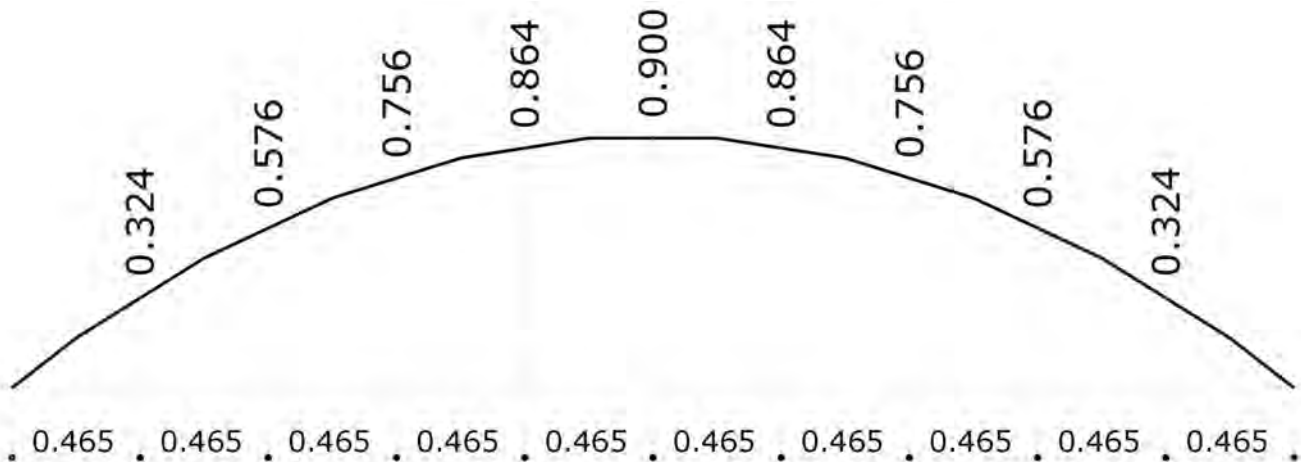
$$y_{0.2} = (3.6 \text{ m}) (.2 - 0.2^2) = (3.6 \text{ m}) (0.16) = \mathbf{0.576 \text{ m}}$$

$$y_{0.3} = (3.6 \text{ m}) (.3 - 0.3^2) = (3.6 \text{ m}) (0.21) = \mathbf{0.756 \text{ m}}$$

$$y_{0.4} = (3.6 \text{ m}) (.4 - 0.4^2) = (3.6 \text{ m}) (0.24) = \mathbf{0.864 \text{ m}}$$

$$y_{0.5} = (3.6 \text{ m}) (.5 - 0.5^2) = (3.6 \text{ m}) (0.25) = \mathbf{0.900 \text{ m}}$$

Estos valores son suficientes para graficar el arco parabólico:



(5) coordenadas de la bóveda de directriz parabólica

d. Determinación de la fuerza máxima en la bóveda por métodos numéricos

Se ha examinado una franja de bóveda de un metro de ancho, que cubre 4.65 m y con una flecha de 0.90 m. De la discretización previa se obtuvo que la magnitud de cada una de las diez fuerza es de 94.86 kg, es decir, 0.93 kN, por lo tanto, el valor total de la carga en una franja de bóveda es de **948.60 kg** ó **9.3 kN**. Para obtener el valor del empuje horizontal o coceo de la bóveda he recurrido a la fórmula:

$$H = wL^2 \div 8s = WL \div 8s = \frac{(9.3 \text{ kN}) (4.65 \text{ m})}{(8) (0.90 \text{ m})} = \frac{43.245 \text{ kNm}}{7.20 \text{ m}} = \mathbf{6.00 \text{ kN} = 612 \text{ kg}}$$

Para calcular la fuerza máxima en la bóveda se puede usar la siguiente fórmula: $C_{\max} = H \cdot 16n^2 + 1$

Antes es necesario encontrar el valor de n , el cual se obtiene dividiendo la flecha entre el claro.

$$n = s \div L = 0.90 \text{ m} \div 4.65 \text{ m} = \mathbf{0.1935}$$

entonces:

$$C_{\max} = 6 \text{ kN} \cdot 16 (0.1935)^2 + 1 = \mathbf{7.6 \text{ kN} = 760 \text{ kg}}$$

Como bien puede observarse estos valores coinciden con los obtenidos gráficamente.

e. Detallando la bóveda

Dividiendo la fuerza máxima calculada de 7.60 kN entre el área de la sección transversal de una franja de bóveda de un metro de ancho, encontramos que el esfuerzo promedio en el concreto es de:

$$\bullet = \frac{0.0076 \text{ MN}}{0.08 \text{ m}^2} = 0.095 \text{ MPa}$$

Lo que equivale al 1% del esfuerzo admisible que le he asignado al concreto armado para el arco y los apoyos, esta es una situación típica en los delgados cascarones de concreto y bóvedas de cerámica armada. Sin embargo, a pesar de los mínimos esfuerzos, es necesario rigidizar los bordes del delgado cascarón de cerámica armada con el fin de protegerlo de concentraciones accidentales de carga como las que podrían presentarse por las presiones del viento, nieve o granizo, o incluso por incidentes constructivos. Si dichas concentraciones de carga ocurrieran en la región interior de la bóveda, es decir, en los valles, los efectos serían mucho menos serios que si ocurrieran en los bordes, debido a que la carga se propagaría alrededor del lugar en que ha sido aplicada.

Como solución he rigidizado los bordes del cascarón de cerámica armada con pequeñas trabes de borde que conservan el mismo espesor de la bóveda, aunque en ciertos puntos se extiende hacia el interior de las bóvedas, a modo de pequeñas nervaduras, para proteger una serie de tirantes que absorben los empujes laterales. Las trabes de borde, al ser de curvatura simple, demandan más acero de refuerzo que la bóveda, la cual posee mayor rigidez a la flexión debido a su ligera doble curvatura. De los cálculos anteriores he encontrado que cada franja de bóveda de un metro de ancho ejerce un empuje horizontal de 6.00 kN cuando se encuentra totalmente cargada. En los valles interiores de las bóvedas, los empujes entre dos bóvedas adyacentes, empujando una contra la otra,

son iguales, por esta razón no se necesita de cables de tracción en el plano horizontal. El arco parabólico actúa únicamente con las componentes verticales de los empujes de la bóveda. Sin embargo, en los extremos de la cubierta, en donde terminan las bóvedas, los empujes horizontales no se encuentran balanceados, estos empujes deben resistirse de otra forma. La solución más fácil es haciéndolo con barras de acero, varillas o torones traccionados horizontalmente, extendiéndose de un valle a otro. En esta solución, sin embargo, las varillas son visibles y tienden a desmejorar la apariencia de la cubierta, además de que interfieren con la colocación y retiro de la cimbra de las bóvedas. La solución que he adoptado consiste en adherir, en los extremos de la cubierta, medias bóvedas en voladizo; esto hace que el plano de los empujes horizontales, y donde deben colocarse las barras de acero, se encuentre sobre las coronas o crestas de las bóvedas, de modo que la existencia de estas barras de acero se hace menos evidente, al mismo tiempo que incrementan la aparente ligereza de la cubierta.

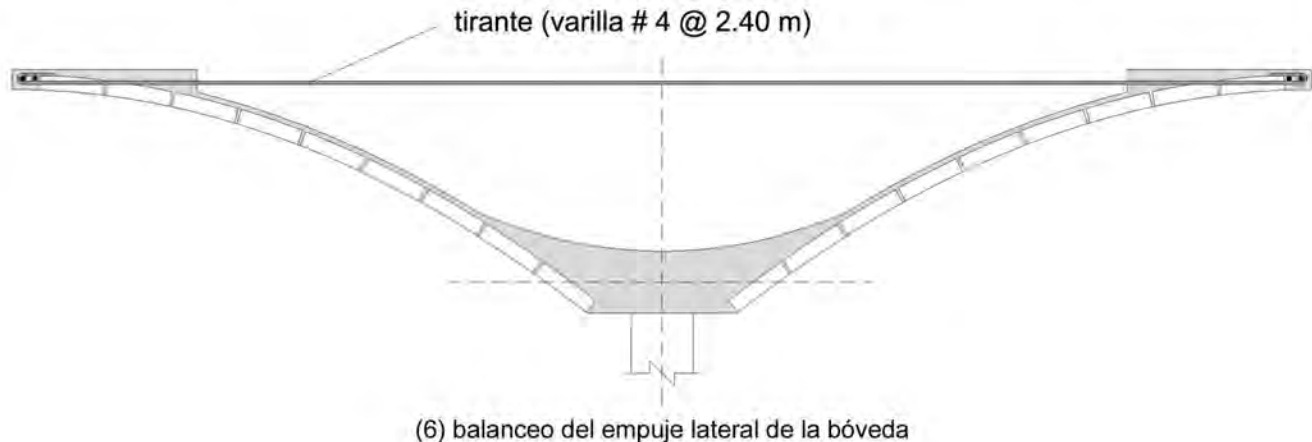
Para soportar los empujes laterales de los extremos, he colocado cuatro barras de acero por encima de la cubierta; cada una debe resistir el empuje de una franja de bóveda de 2.40 m de ancho (una cuarta parte de los 9.60 m que cubren los medios arcos en voladizo). El acero tiene un esfuerzo admisible a tracción de 4200 kg/cm², sin embargo, con fines de cálculo tomaré un valor de 2000 kg/cm² ó 196 MPa. El procedimiento para determinar el diámetro de las barras de acero es el siguiente:

$$\text{Fuerza de tracción por barra} = T = (9.60 \text{ m} \div 4) (6.00 \text{ kN/m}) = \mathbf{14.40 \text{ kN}}$$

$$\text{Área requerida de acero} = T \div \text{esfuerzo admisible del acero}$$

$$A_s = 14.40 \text{ kN} \div 196 \text{ MPa} = 0.07347 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = \mathbf{0.735 \text{ cm}^2}$$

Consultando una tabla de áreas y diámetros de las barras o varillas standard de acero, he seleccionado la más pequeña pero cuya área excede los 0.735 cm². Ésta es la varilla de número 4 ó de ½", la cual tiene 12.70 mm de diámetro y un área de 1.27 cm².



Estos tirantes deben anclarse a los extremos de la cubierta. La bóveda, por sí sola, resultaría delgada para este anclaje, pero con la rigidez adicional que le brinda la trabe de borde es suficiente. Para evitar la aparición de momentos, la barra de acero debe anclarse horizontalmente coincidiendo en el extremo con el eje en el que se transmiten los empujes de la bóveda.

1.2.2 Diseño y cálculo de un medio arco parabólico de concreto armado en voladizo.

a. Determinación de la carga actuante en cada segmento de arco

El arco en voladizo, que transmite las fuerzas compresivas de las bóvedas hacia los apoyos principales de la cubierta, ha sido concebido como un medio arco parabólico.

Para iniciar con su solución gráfica, he dividido los 9.60 m que cubre en voladizo en diez segmentos de 0.96 m cada uno, y determinado la carga en cada uno de dichos segmentos.

Cada uno de los medios arcos toma la mitad de la carga del par de bóvedas que concurren en él, así pues cada medio arco soporta 9.3 kN por metro longitudinal de arco.

A este valor debemos sumar el correspondiente a la carga viva, que deberá soportar directamente sobre los 0.60 m de ancho del arco, y a su peso propio. El área transversal del medio arco es de 0.203 m².

El cálculo de las cargas que actúan sobre un segmento de 0.96 m de arco es el siguiente:

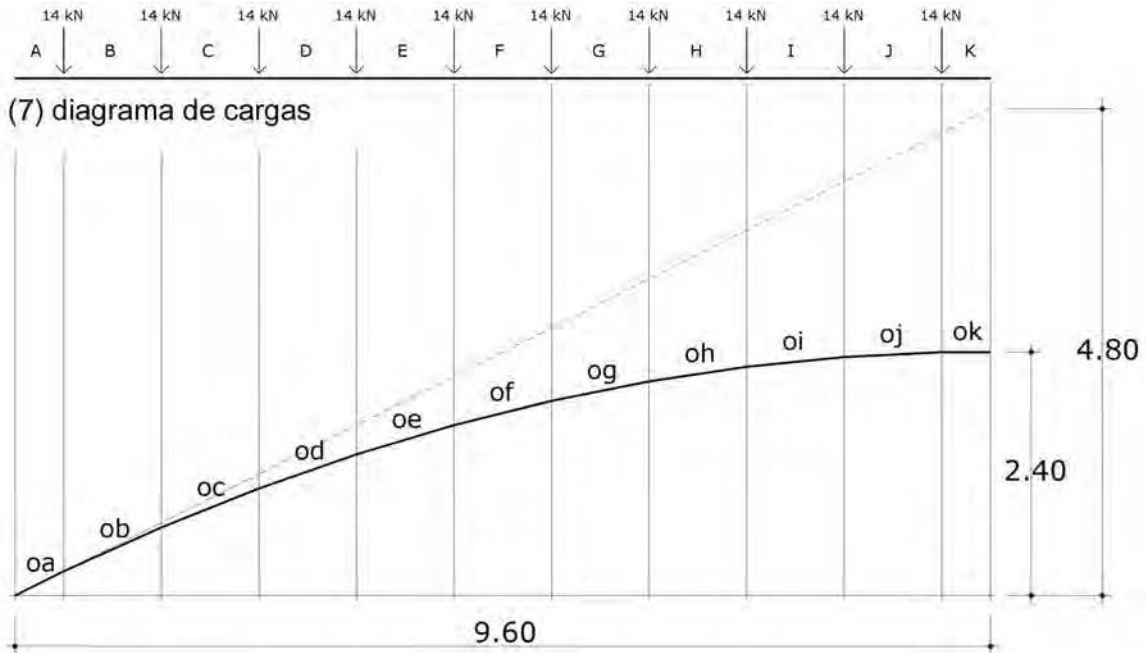
Carga de la bóveda por segmento de arco =	$(9.30 \text{ kN/m}) (0.96 \text{ m}) = 8.93 \text{ kN}$
Peso propio del segmento de arco =	$(0.203 \text{ m}^2) (0.96 \text{ m}) (2400 \text{ kg/m}^3) = 4.58 \text{ kN}$
Carga Viva por segmento de arco =	$(40 \text{ kg/m}^2) (0.60 \text{ m}) (0.96 \text{ m}) = 0.225 \text{ kN}$
Carga Total por segmento de arco =	13.735 kN; 14 kN = 1428 kg

b. Determinación de las fuerzas y de la forma por métodos gráficos

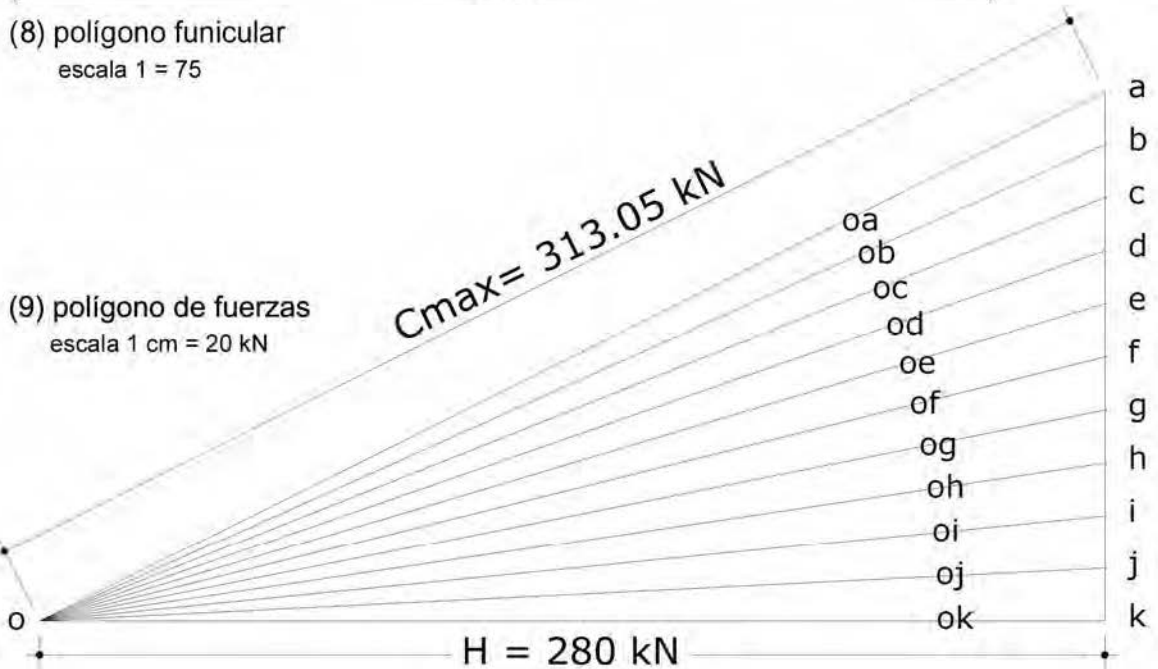
En el diagrama de cargas (figura 7) se observa la división del medio arco en diez segmentos, y a la mitad de cada uno de ellos un vector que representa una carga de 14 kN.

Como resultado de suponer que las cargas actúan uniformemente sobre el arco, la curva obtenida en el polígono funicular (figura 8) es una media parábola.

La figura 9 corresponde al polígono de fuerzas del medio arco, si se escala se obtiene que la fuerza máxima de compresión en el medio arco en voladizo es de **313.05 kN**, mientras que el empuje horizontal es de **280.00 kN**.



(8) polígono funicular
escala 1 = 75



c. Determinación de las fuerzas y de la forma por métodos numéricos

Una sencilla solución numérica para el medio arco en voladizo consiste en asumir que se va a diseñar un arco completo que cubre 19.20 m y que mantiene la flecha de 2.40 m. El valor de la carga es de 14.60 kN/m, cociente obtenido de dividir la suma de las diez cargas de 14 kN entre los 9.60 m de claro. Utilizando este valor podemos ya calcular el empuje horizontal del medio arco:

$$H = wL^2 \div 8s = \frac{(14.60 \text{ kN}) (19.20 \text{ m})^2}{(8) (2.40 \text{ m})} = \frac{5382.15 \text{ kNm}}{19.20 \text{ m}} = \mathbf{280.32 \text{ kN} = 0.28032 \text{ MN} = 28.6 \text{ toneladas}$$

Esta es, en principio, la fuerza que debe resistir el cable horizontal. Como se puede apreciar, el valor de 280 kN obtenido gráficamente es muy cercano a este. El valor de la fuerza máxima en el medio arco es:

$$n = s \div L = 2.40 \text{ m} \div 19.20 \text{ m} = \mathbf{0.125}$$

$$C_{\max} = 280.32 \text{ kN} \cdot 16 (0.125)^2 + 1 = \mathbf{313.40 \text{ kN} = 0.3134 \text{ MN} = 32 \text{ toneladas}$$

Los 313.05 kN obtenidos gráficamente se acercan bastante a este último valor obtenido numéricamente. Ahora procedo a encontrar las coordenadas del arco parabólico a modo de confirmar las obtenidas en la figura 8. Para ello utilizo nuevamente la siguiente ecuación:

$$yx = 4s (x/L - x^2/L^2)$$

donde:

x es el intervalo;
y es la ordenada de la parábola en cada intervalo;
s es la flecha del arco (2.40 m);
L es el claro del arco.

$$y_{0.96\text{m}} = (9.6 \text{ m}) [(0.96 \text{ m} / 19.20 \text{ m}) - (0.96 \text{ m} / 19.20 \text{ m})^2] = (9.6 \text{ m}) (0.0475) = \mathbf{0.456 \text{ m}}$$

$$y_{1.92\text{m}} = (9.6 \text{ m}) [(1.92 \text{ m} / 19.20 \text{ m}) - (1.92 \text{ m} / 19.20 \text{ m})^2] = (9.6 \text{ m}) (0.0900) = \mathbf{0.864 \text{ m}}$$

$$y_{2.88\text{m}} = (9.6 \text{ m}) [(2.88 \text{ m} / 19.20 \text{ m}) - (2.88 \text{ m} / 19.20 \text{ m})^2] = (9.6 \text{ m}) (0.1275) = \mathbf{1.224 \text{ m}}$$

$$y_{3.84\text{m}} = (9.6 \text{ m}) [(3.84 \text{ m} / 19.20 \text{ m}) - (3.84 \text{ m} / 19.20 \text{ m})^2] = (9.6 \text{ m}) (0.1600) = \mathbf{1.536 \text{ m}}$$

$$y_{4.80\text{m}} = (9.6 \text{ m}) [(4.80 \text{ m} / 19.20 \text{ m}) - (4.80 \text{ m} / 19.20 \text{ m})^2] = (9.6 \text{ m}) (0.1875) = \mathbf{1.800 \text{ m}}$$

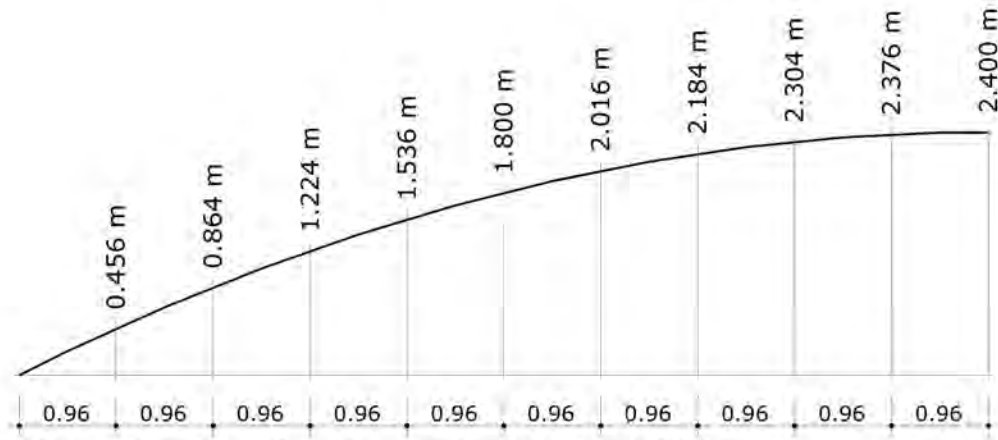
$$y_{5.76\text{m}} = (9.6 \text{ m}) [(5.76 \text{ m} / 19.20 \text{ m}) - (5.76 \text{ m} / 19.20 \text{ m})^2] = (9.6 \text{ m}) (0.2100) = \mathbf{2.016 \text{ m}}$$

$$y_{6.72\text{m}} = (9.6 \text{ m}) [(6.72 \text{ m} / 19.20 \text{ m}) - (6.72 \text{ m} / 19.20 \text{ m})^2] = (9.6 \text{ m}) (0.2275) = \mathbf{2.184 \text{ m}}$$

$$y_{7.68\text{m}} = (9.6 \text{ m}) [(7.68 \text{ m} / 19.20 \text{ m}) - (7.68 \text{ m} / 19.20 \text{ m})^2] = (9.6 \text{ m}) (0.2400) = \mathbf{2.304 \text{ m}}$$

$$y_{8.64\text{m}} = (9.6 \text{ m}) [(8.64 \text{ m} / 19.20 \text{ m}) - (8.64 \text{ m} / 19.20 \text{ m})^2] = (9.6 \text{ m}) (0.2475) = \mathbf{2.376 \text{ m}}$$

$$y_{9.60\text{m}} = (9.6 \text{ m}) [(9.60 \text{ m} / 19.20 \text{ m}) - (9.60 \text{ m} / 19.20 \text{ m})^2] = (9.6 \text{ m}) (0.2500) = \mathbf{2.400 \text{ m}}$$

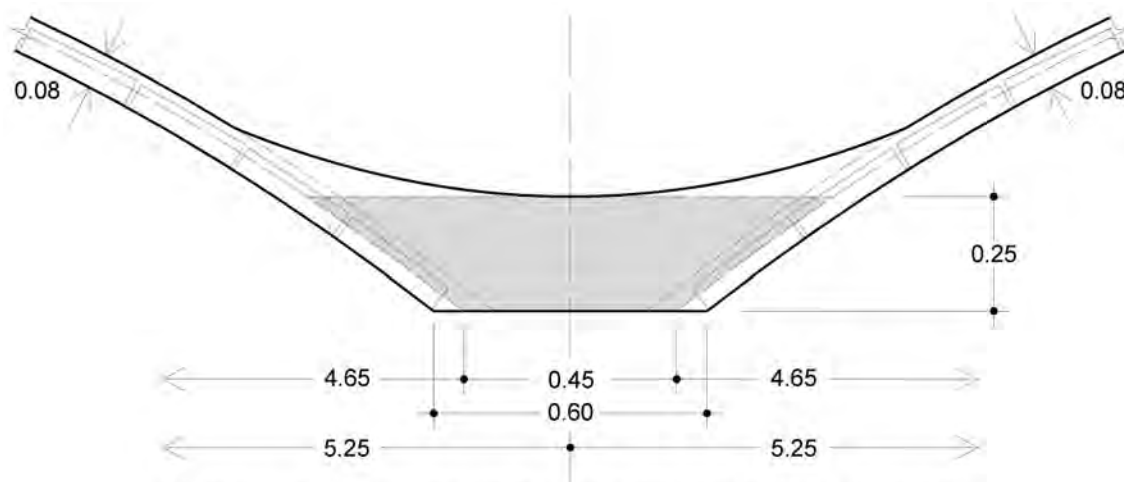


(10) coordenadas del medio arco de directriz parabólica
 escala 1 = 75

d. Dimensionando el medio arco en voladizo

La determinación del área transversal de concreto requerida en la base del medio arco en voladizo supone la utilización de un concreto armado con un esfuerzo admisible a la compresión de 102 kg/cm² ó 10 MPa. El área requerida es:

$$A_{req} = \frac{C_{max}}{F_c} = \frac{0.3134 \text{ MN}}{10 \text{ MPa}} = 0.03134 \text{ m}^2$$

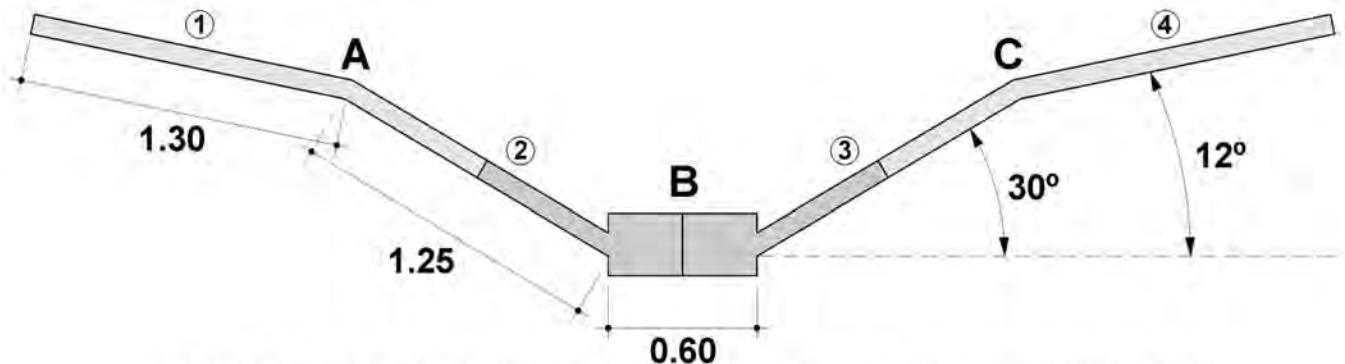


(11) sección transversal del medio arco parabólico en voladizo

Este diseño provee 0.203 m^2 de concreto en el arco, seis y media veces más de lo requerido. Por otra parte, en los valles, la intersección de dos bóvedas y la forma en como se encuentra el acero de refuerzo, provocan que el medio arco trabaje como una viga de sección en "V", lo que le confiere la suficiente rigidez contra el pandeo.

e. Cálculo del acero de refuerzo del sistema arco-bóveda-trabe de borde

Para la cuantía del acero longitudinal requerido en la bóveda, he considerado a esta como una losa prismática compuesta por cuatro vigas. La carga total en la bóveda es de 2.00 kN/m^2 , es decir, 204 kg/m^2 . Las vigas centrales 2 y 3 se idealizan como vigas que presentan apoyos simples en sus extremos; por su parte, las vigas 1 y 4 se consideran como ménsulas libres en uno de sus extremos, pero empotradas a los puntos A y C respectivamente (figura 12).



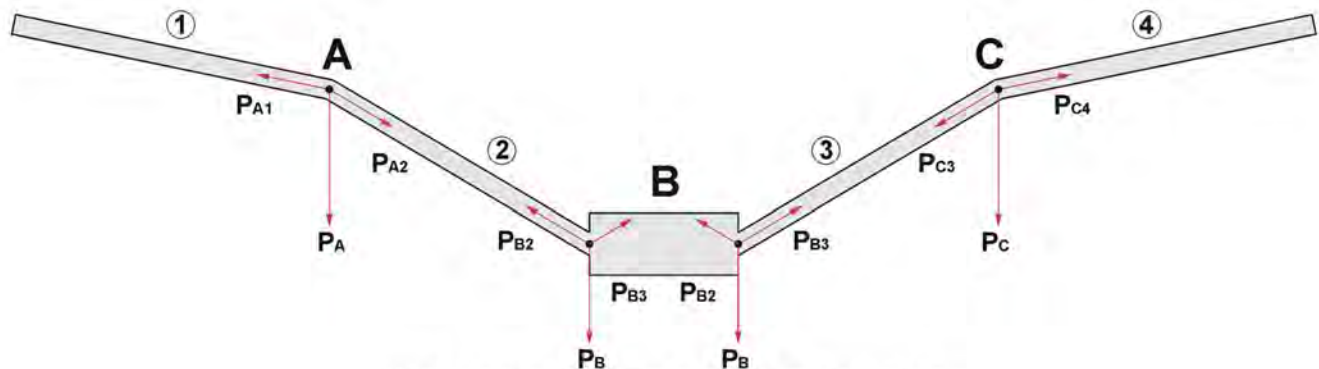
(12) idealización de la bóveda como una losa prismática compuesta por cuatro vigas o placas

Los valores de las cargas en los puntos A, B y C son:

$$P_A = (1.300 \text{ m} + 0.625 \text{ m}) (204 \text{ kg/m}^2) = 392.70 \text{ kg}; \mathbf{393 \text{ kg}}$$

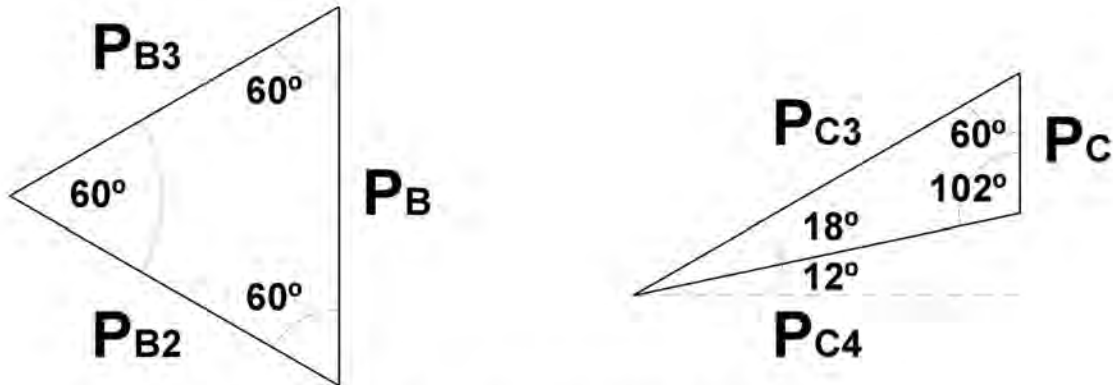
$$P_B = (0.625 \text{ m} + 0.625 \text{ m}) (204 \text{ kg/m}^2) = 255.00 \text{ kg}; \mathbf{255 \text{ kg}}$$

$$P_C = (0.625 \text{ m} + 1.300 \text{ m}) (204 \text{ kg/m}^2) = 392.70 \text{ kg}; \mathbf{393 \text{ kg}}$$



(13) diagrama de fuerzas actuantes en cada placa

Puesto que hay simetría basta con solucionar una mitad. He elegido por comodidad descomponer las cargas PB en 2 y 3, y PC en 3 y 4 según la figura 14, y aplicando la ley de los senos se tiene que:



(14) descomposición de las cargas actuantes en cada viga o placa

$$PB2 = PB \frac{\text{sen } 60^\circ}{\text{sen } 60^\circ} = (255 \text{ kg}) (1.00) = \mathbf{255 \text{ kg}}$$

$$PB3 = PB \frac{\text{sen } 60^\circ}{\text{sen } 60^\circ} = (255 \text{ kg}) (1.00) = \mathbf{255 \text{ kg}}$$

$$PC3 = PC \frac{\text{sen } 102^\circ}{\text{sen } 18^\circ} = (393 \text{ kg}) (3.165) = \mathbf{1\ 244 \text{ kg}} = PA2$$

$$PC4 = PC \frac{\text{sen } 60^\circ}{\text{sen } 102^\circ} = (393 \text{ kg}) (0.885) = \mathbf{348 \text{ kg}} = PC1$$

Las fuerzas totales que actúan en cada placa son:

$$P1 = PA1 = \mathbf{348 \text{ kg}}$$

$$P2 = PA2 + PB2 = 1\ 244.00 \text{ kg} + 255.00 \text{ kg} = \mathbf{1\ 500 \text{ kg}}$$

$$P3 = PB3 + PC3 = 255.00 \text{ kg} + 1\ 244.00 \text{ kg} = \mathbf{1\ 500 \text{ kg}}$$

$$P4 = PC4 = \mathbf{348 \text{ kg}}$$

Con estos valores se pueden estimar los momentos longitudinales. La longitud de las bóvedas es de 9.60 m., y se puede considerar un valor $k = l^2 / 8$ constante igual a 11.52 m.

$$MO1 = P1 (l^2 / 8)$$

$$MO1 = (348 \text{ kg}) (11.52 \text{ m}) = \mathbf{4\ 009 \text{ kg}\cdot\text{m}}$$

$$MO2 = P2 (l^2 / 8)$$

$$MO2 = (1\ 500 \text{ kg}) (11.52 \text{ m}) = \mathbf{17\ 280 \text{ kg}\cdot\text{m}}$$

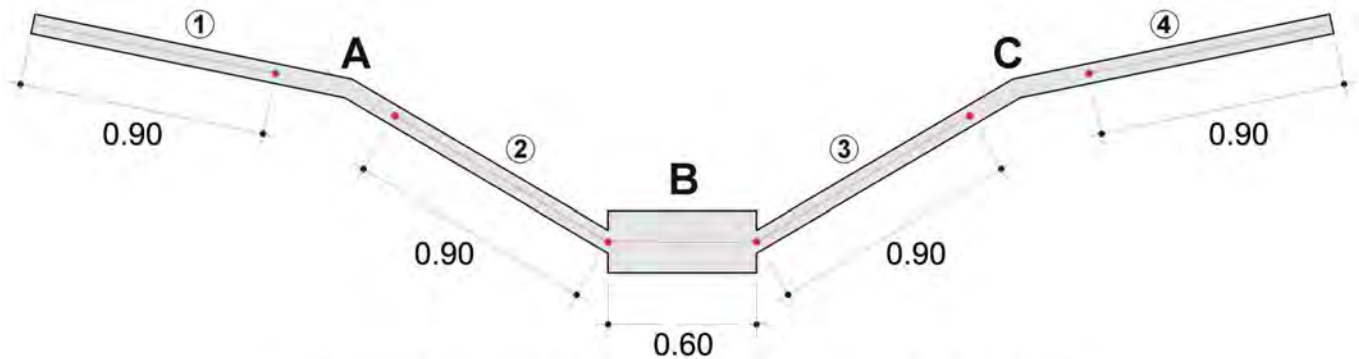
$$MO3 = P3 (l^2 / 8)$$

$$MO3 = (1\ 500 \text{ kg}) (11.52 \text{ m}) = \mathbf{-17\ 280 \text{ kg}\cdot\text{m}}$$

$$MO4 = P4 (l^2 / 8)$$

$$MO4 = (348 \text{ kg}) (11.52 \text{ m}) = \mathbf{-4\ 009 \text{ kg}\cdot\text{m}}$$

Las fuerzas de compresión y de tracción se encuentran dividiendo los momentos longitudinales entre los correspondientes brazos de palanca Z1, Z2, Z3 y Z4.



(15) brazos de palanca entre los centros de compresión de cada placa

$$C1 = T1 = MO1 / Z1$$

$$C1 = T1 = 4\,009.00 \text{ kg}\cdot\text{m} / 0.90 \text{ m} = \mathbf{4\,454.50 \text{ kg}}$$

$$C2 = T2 = MO2 / Z2$$

$$C2 = T2 = 17\,280.80 \text{ kg}\cdot\text{m} / 0.90 \text{ m} = \mathbf{19\,200 \text{ kg}}$$

$$C3 = T3 = MO3 / Z3$$

$$C3 = T3 = 17\,280.00 \text{ kg}\cdot\text{m} / 0.90 \text{ m} = \mathbf{19\,200 \text{ kg}}$$

$$C4 = T4 = MO4 / Z4$$

$$C4 = T4 = 4\,009.00 \text{ kg}\cdot\text{m} / 0.90 \text{ m} = \mathbf{4\,454.50 \text{ kg}}$$

Finalmente se puede calcular el acero de refuerzo para cada placa. En A se juntan las tracciones T1 y T2, en B T2 y T3, y en C T3 y T4. Esto se traduce en la colocación de acero de refuerzo necesario para resistir la suma de las tracciones que confluyen en cada punto. Por lo tanto el área de acero requerido es:

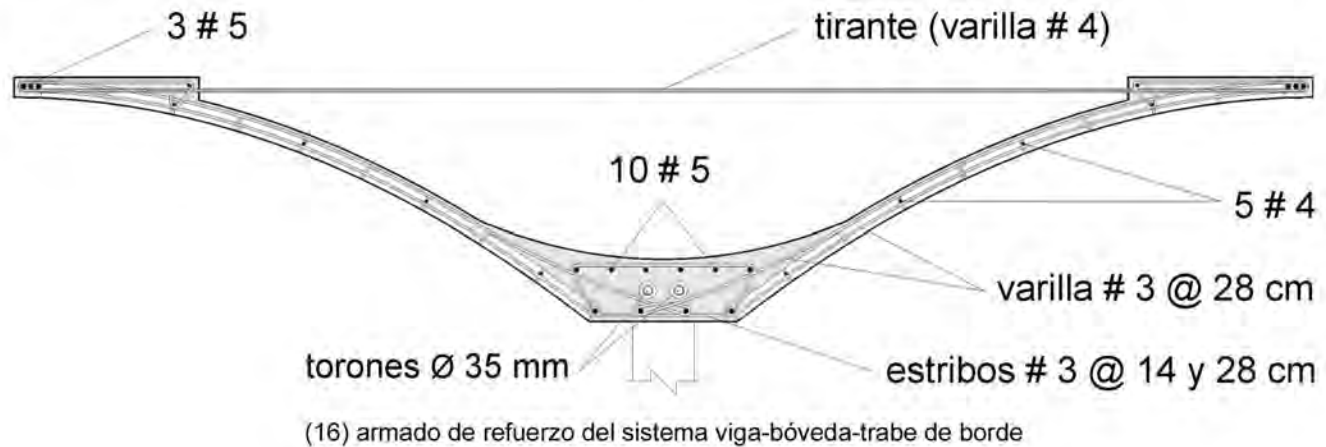
$$AS A = \frac{T1 + T2}{2000 \text{ kg/cm}^2} = \frac{4\,454.50 \text{ kg} + 19\,200 \text{ kg}}{2000 \text{ kg/cm}^2} = \mathbf{11.83 \text{ cm}^2}$$

$$AS B = \frac{T2 + T3}{2000 \text{ kg/cm}^2} = \frac{19\,200 \text{ kg} + 19\,200 \text{ kg}}{2000 \text{ kg/cm}^2} = \mathbf{19.20 \text{ cm}^2}$$

$$AS C = \frac{T3 + T4}{2000 \text{ kg/cm}^2} = \frac{4\,454.50 \text{ kg} + 19\,200 \text{ kg}}{2000 \text{ kg/cm}^2} = \mathbf{11.83 \text{ cm}^2}$$

El armado longitudinal de la bóveda de cerámica armada requiere un área de 11.83 cm², el armado elegido consta de 5 varillas del número cuatro a cada 54.50 cm, es decir, a cada dos hiladas de tabique, más tres varillas del número cinco colocadas como trabe superior de borde, ese armado provee 12.30 cm² de acero.

El armado de refuerzo del medio arco en voladizo en el punto B, donde concurren las cargas de las vigas, consta de diez varillas del número 5, lo que brinda un área de acero de 19.80 cm².



1.2.3 Diseño y cálculo de los elementos portantes (cables y columnas).

a. Cálculo de los cables de tracción

Por los cables de acero se traslada una fuerza de 280.32 kN ó 28.60 toneladas, la cual es considerable. Como las cargas sobre la cubierta crecen y decrecen, los cables sufren elongaciones y contracciones. Para proteger a la estructura de concreto armado de estos daños, se debe buscar una forma de minimizar estos movimientos. La deformación que sufre un cable de acero, bajo un incremento de carga, es directamente proporcional al incremento en la tracción del acero, sin tener en cuenta su resistencia. Si se utiliza acero de alta resistencia el diámetro del cable requerido será muy pequeño, esto podría ocasionar que, si en un momento dado la estructura experimentara variaciones de carga, el cable sufra de grandes variaciones en la tracción y, como consecuencia, mayores deformaciones que las que experimentaría un cable de mayor diámetro aunque de menor resistencia.

El acero empleado para la fabricación de cables consiste en alambres que tienen una resistencia de 124 kg/mm², 12 400 kg/cm² ó 1215 N/mm². Para este caso no resulta práctico calcular el diámetro del cable requerido con un acero de esta resistencia, debido a que con este tipo de acero se fabrican únicamente cables de diámetros muy pequeños. Una segunda variedad es el acero de arado, el cual tiene una resistencia de 160 kg/mm², 16 000 kg/cm² ó 1570 N/mm². Existen variedades mejoradas de este acero de arado con resistencias que de 1770 N/mm² y 1960 N/mm². He elegido, tomando en cuenta todas las razones antes mencionadas, emplear un acero de arado normal de 1570 N/mm².

Antes de proceder al dimensionamiento de los cables resulta conveniente mencionar que, el valor de la carga que se pretende tomar debe afectarse con un factor de seguridad. Este factor de seguridad en un cable de acero es la relación entre la resistencia a la ruptura mínima garantizada del cable y la carga de trabajo a la cual está sujeta. El valor de este factor depende entonces de las condiciones de carga; en nuestro caso, para cables de tracción, se recomienda un factor de seguridad igual a 5.

Carga de Tracción = $T = 280.32 \text{ kN} = 28.6 \text{ toneladas}$

Carga de Tracción con fines de cálculo = $(280.32 \text{ kN}) (5) = 1\ 401.60 \text{ kN} = 143 \text{ toneladas}$

Consultando algunos catálogos de fabricantes especializados en cables de acero, tengo como principales opciones los siguientes cables:

Tonina (alma de acero) AA 6 x 26

Resistencia a la ruptura = 1495 kN = 152.50 toneladas

Diámetro = 52 mm

Angula (alma de acero) AA 6 x 43

Resistencia a la ruptura = 1451 kN = 148.00 toneladas

Diámetro = 48 mm

Superflex (alma de fibra) AF 6 x 43

Resistencia a la ruptura = 1474 kN = 150.40 toneladas

Diámetro = 48 mm

Cascabel (alma de acero) AA 6 x 43

Resistencia a la ruptura = 1462 kN = 149.20 toneladas

Diámetro = 45 mm

Seale (alma de acero) AA 6 x 19

Resistencia a la ruptura = 1421 kN = 145.00 toneladas

Diámetro = 50.80 mm

Filler (alma de acero) AA 6 x 25

Resistencia a la ruptura = 1421 kN = 145.00 toneladas

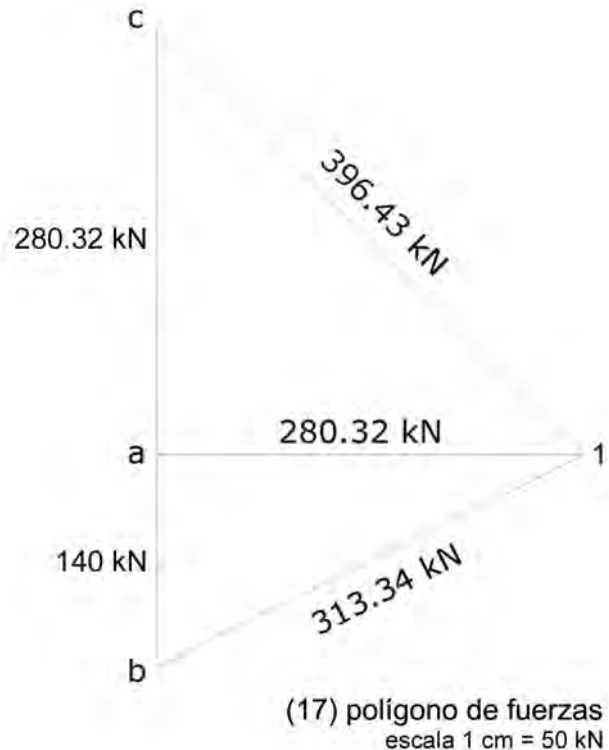
Diámetro = 50.80 mm

De los cables anteriores he elegido el cable **Cascabel** que tiene un diámetro nominal de 45 mm y alma de acero, y una resistencia a la ruptura de 1462 kN ó 149.20 toneladas.

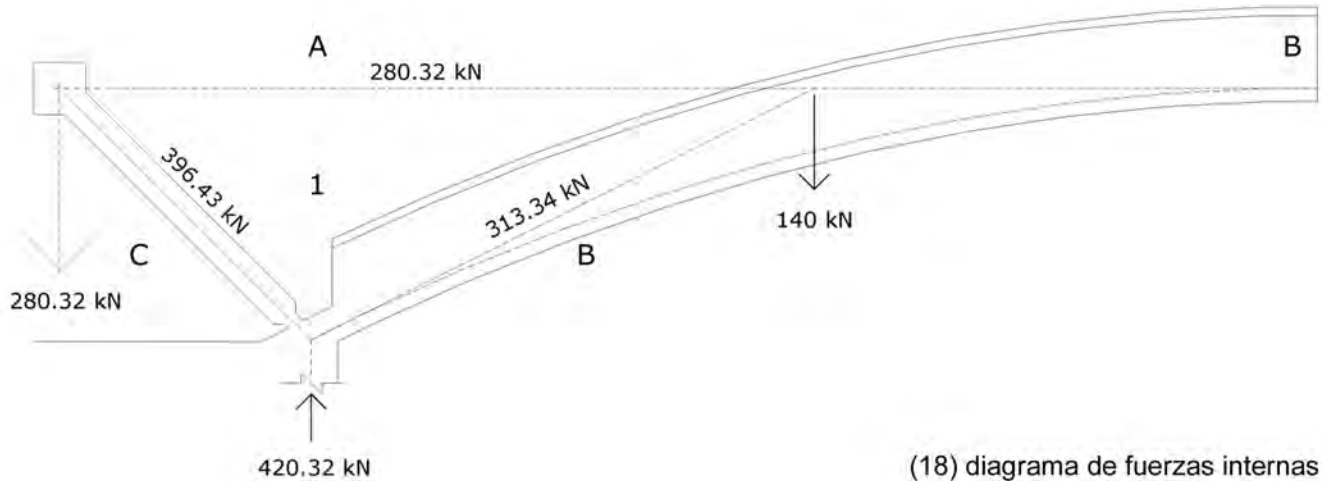
b. Determinación de las fuerzas faltantes del sistema

A partir del siguiente polígono de fuerzas (figura 17) es posible confirmar que las fuerzas encontradas en el medio arco y en el cable a tracción se encuentran en equilibrio. Al mismo tiempo, permite calcular gráficamente las fuerzas restantes que forman parte del sistema: una fuerza de 140 kN es la resultante de todas las cargas gravitacionales ejercidas sobre el medio arco en voladizo.

La figura 18 corresponde al diagrama de fuerzas que integran el sistema. Con fines prácticos, he sustituido al medio arco por una recta que transfiere una carga a compresión de 313.34 kN hacia el arranque del arco.



El brazo articulado, inclinado a 45°, transfiere una compresión de 396.43 kN hacia el apoyo principal; mientras el cable vertical, articulado a su extremo, debe transportar los 280.32 kN de tracción hacia el terreno. El apoyo principal, sobre el que descansa el medio arco, debe transmitir al arranque de este, una fuerza compresiva de 420.32 kN.



c. Diseño y cálculo de los apoyos principales

Los apoyos principales o columnas, colocados a cada 5.25 m, justo en cada valle de la cubierta, deben soportar una carga compresiva de 420.32 kN ó 43 toneladas. La sección que estas columnas deben tener para soportar dicha carga puede calcularse utilizando la siguiente fórmula que considera que el área efectiva de una columna es:

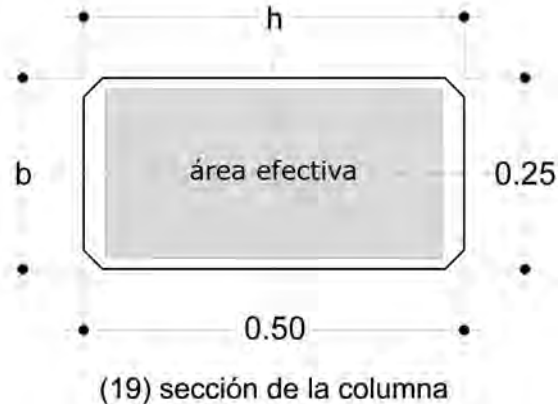
$$A_{\text{efectiva}} = \frac{P (1.40)}{0.2125 f^*c + 0.80 f_s p} = \frac{(43\ 000\ \text{kg}) (1.40)}{0.2125 (240\ \text{kg/cm}^2) + (0.80) (2000\ \text{kg/cm}^2) (0.0065)} =$$

donde:

- P** es la carga compresiva indicada en kg;
- 0.2125** es un factor de forma para columnas cuadradas o rectangulares;
- f*c** es la resistencia del concreto a la compresión;
- f_s** es la resistencia del acero;
- p** es el porcentaje mínimo admisible de acero;
- 1.40** es un factor de carga, y
- 0.80** es una constante.

$$A_{\text{efectiva}} = \frac{60\ 200\ \text{kg}}{51\ \text{kg/cm}^2 + 10.40\ \text{kg/cm}^2} = \frac{60\ 200\ \text{kg}}{61.40\ \text{kg/cm}^2} = 980.46\ \text{cm}^2$$

Esta área sugiere una sección cuadrada de 31.5 cm de lado, o de una sección rectangular de dimensiones en relación 1:2 de 22.15 x 44.30 cm. A esta área efectiva debe sumársele el recubrimiento mínimo de concreto de dos centímetros, por lo que resultaría una sección de 26.15 x 48.30 cm. La sección que he elegido es una sección rectangular de 25 x 50 cm, asegurando con este incremento minimizar el riesgo de pandeo e incrementar la apariencia de seguridad de la columna, la cual tiene entonces un área de 1250 cm².



El área de acero mínimo se calcula de la siguiente forma:

$$A_s = \rho b h = (0.0065) (25 \text{ cm}) (50 \text{ cm}) = \mathbf{8.125 \text{ cm}^2}$$

Para satisfacer esta área se necesitarían 11.5 varillas de \bullet ", o 6.4 de $\frac{1}{2}$ " , o 4.1 de \bullet ". Como solución he optado por un armado principal de cuatro varillas de \bullet " más dos intermedias de \bullet ", colocadas tal y como aparece en la figura 20. La separación máxima de los estribos de la columna puede determinarse de la siguiente forma:

$$S_{\max} = (850 \div \bullet f_y) (\varnothing) = (850 \div \bullet 4000) (0.95 \text{ cm}) = 12.76 \text{ cm}; \mathbf{12.50 \text{ cm}}$$

donde:

f_y es el esfuerzo del acero a la flexión

\varnothing es el diámetro del acero del estribo o anillo (0.95 cm para varilla de \bullet ")



d. Diseño y cálculo del brazo articulado y de los anclajes de postensado

El brazo articulado debe soportar una carga compresiva de 396.43 kN ó 40 435.86 kg. La sección que demanda para resistir dicha carga es de:

$$A_{efectiva} = \frac{P (1.40)}{0.2125 f_c + 0.80 f_s p} =$$

$$A_{efectiva} = \frac{(40\,435.86 \text{ kg}) (1.40)}{(0.2125) (240 \text{ kg/cm}^2) + (0.80) (2000 \text{ kg/cm}^2) (0.0065)} =$$

$$A_{efectiva} = \frac{56\,610.20 \text{ kg}}{51 \text{ kg/cm}^2 + 10.40 \text{ kg/cm}^2} = \frac{56\,610.20 \text{ kg}}{61.40 \text{ kg/cm}^2} = \mathbf{922 \text{ cm}^2}$$

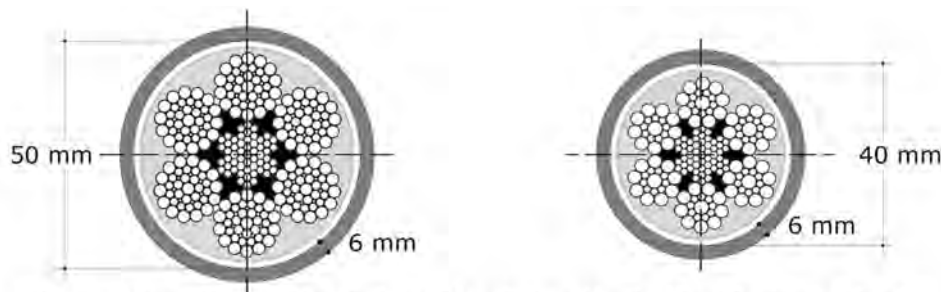
Esta área sugiere una sección cuadrada de 30.4 cm de lado. A esta área efectiva debe sumársele el recubrimiento mínimo de concreto de dos centímetros, resultando una sección de 34.40 x 34.40 cm con un área de 1183.36 cm². Si se mantiene una sección rectangular de lado menor igual a 25 cm, la sección sería de 25 x 47.35 cm. Finalmente he elegido una sección rectangular de 25 x 48 cm, con un área de 1200 cm².

El área de acero mínimo requerido es de:

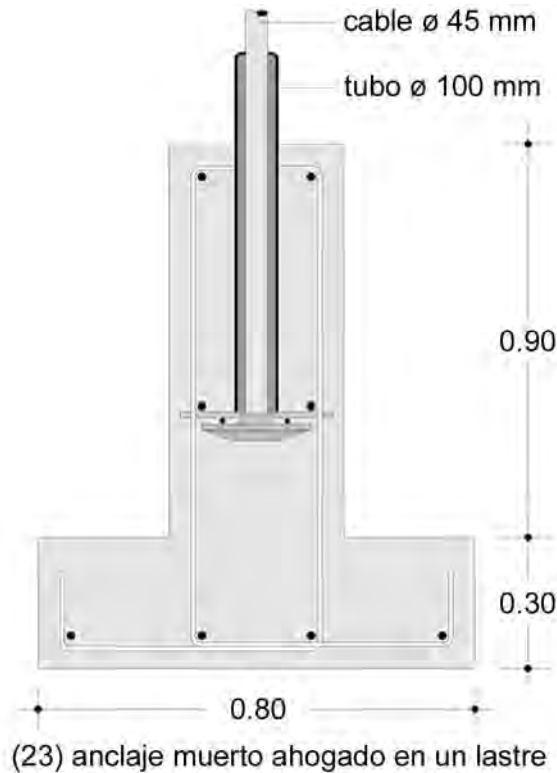
$$A_s = p b h = (0.0065) (25 \text{ cm}) (48 \text{ cm}) = \mathbf{7.80 \text{ cm}^2}$$

Para satisfacer esta área se necesitarían 11 varillas de • ", o 6.2 de ½", o 4 de • ". Como solución he optado por un armado de cuatro varillas de • ".

Para simplificar la conexión de los cables con el brazo articulado he optado por colocar, horizontalmente, un par de cables que se distribuyen la carga equitativamente; y verticalmente, un solo cable de 45 mm de diámetro. La carga para cada uno de los cables horizontales es de 140.16 kN ó 14.30 toneladas. El valor de esta carga, afectado por un factor de seguridad de 5, resulta de 700.80 kN ó 71.50 toneladas. Consultando nuevamente los catálogos de cables he optado por el cable **Tonina** (alma de acero) AA 6 x 19 de **35 mm** de diámetro, con una resistencia a la ruptura de **72 toneladas**.



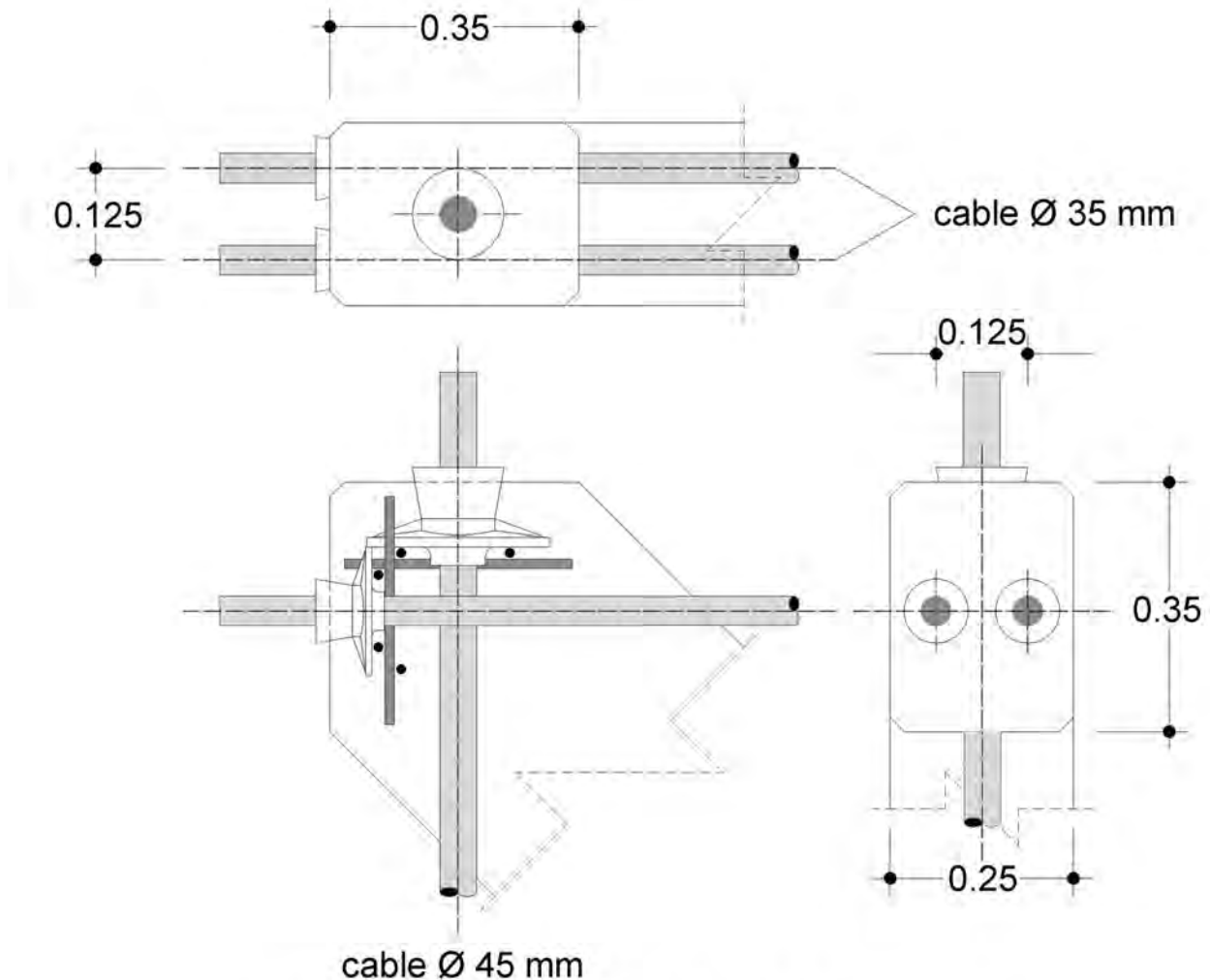
(21) secciones transversales de los cables de tracción de 45 y 35 mm de diámetro



Existen dos tipos básicos de anclajes para los sistemas de postensado: el anclaje muerto que supone un punto fijo o de amarre para el cable, pues no le permite movimiento; y el anclaje vivo que permite aplicar el jalón o fuerza de postensado. Los cables de acero deben engrasarse y ser introducidos en mangueras de plástico antes de conectarlos a los anclajes.

Para efectuar el anclaje de los cables al brazo articulado supuse inicialmente ensanchar la sección de éste en su extremo superior. Sin embargo, después de algunos cálculos, he encontrado que no es necesario ampliar la sección, pues esa especie de capitel queda inscrita dentro de la sección del fuste del brazo.

En la parte alta de este, he alojado, sujetas al armado de refuerzo, las placas de anclaje vivo que permitan traccionar los cables (figuras 23 y 24), mientras que los anclajes muertos se localizan en el extremo del medio arco en voladizo y en lastre hincado en el terreno (figura 22).



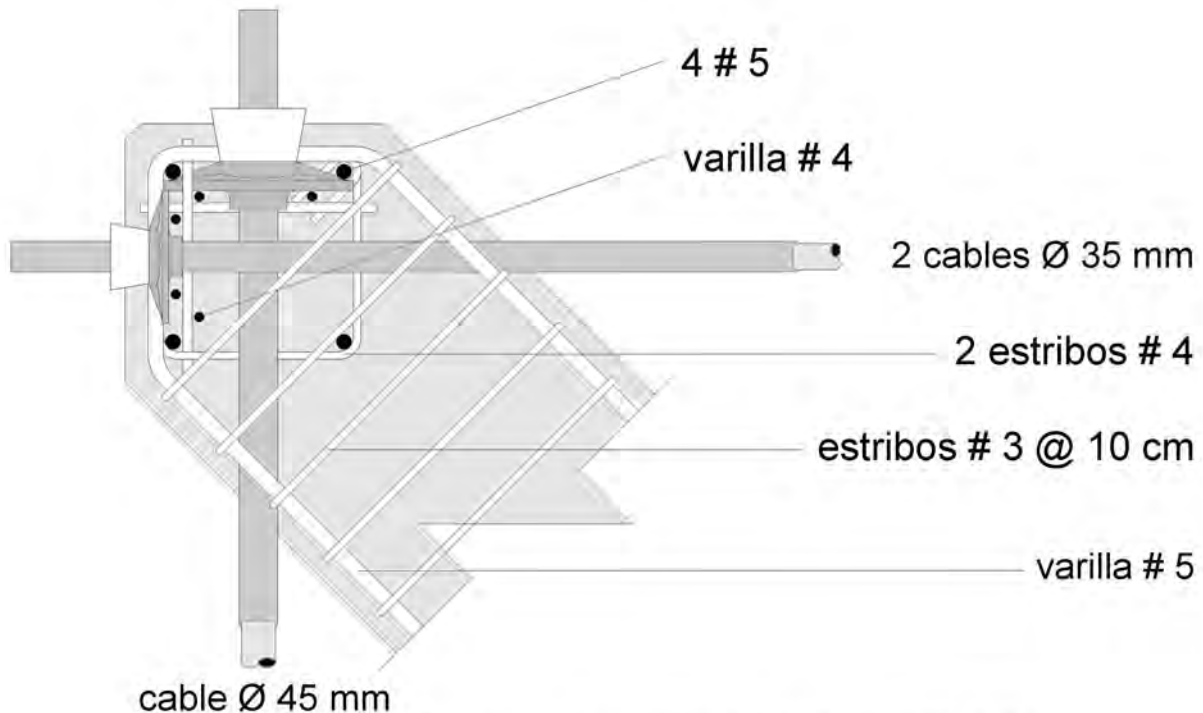
(22) diseño de anclaje vivo para cables de postensado

La sección del capitel del brazo articulado debe tener un área de:

$$A_{efectiva} = \frac{(28\ 600\ \text{kg}) (1.40)}{(0.2125) (240\ \text{kg/cm}^2) + (0.80) (2000\ \text{kg/cm}^2) (0.0065)} =$$

$$A_{efectiva} = \frac{40\ 040\ \text{kg}}{51\ \text{kg/cm}^2 + 10.40\ \text{kg/cm}^2} = \frac{40\ 040\ \text{kg}}{61.40\ \text{kg/cm}^2} = \mathbf{652.20\ \text{cm}^2}$$

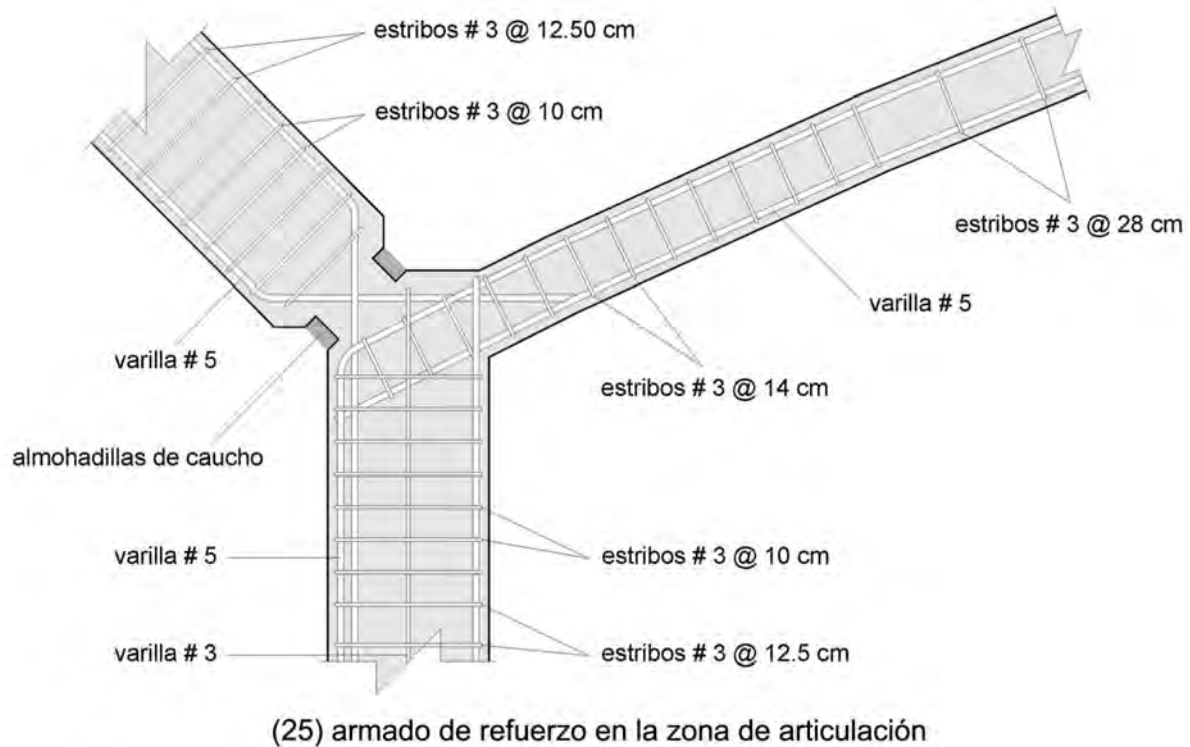
Esta área efectiva nos arroja una sección cuadrada de 25.60 cm, la cual, al agregar el recubrimiento de dos centímetros de concreto, se incrementa a un cuadrado de 29.60 x 29.60 cm, con un área de 876.20 cm². Ahora bien, si mantenemos por estética los 25 cm del lado menor del apoyo principal, el capitel tiene finalmente una sección de 25 x 35 cm, sección que vista lateralmente tiene 35 x 35 cm y que queda ahogada o inscrita dentro del fuste del brazo.



(24) armado de refuerzo en la parte superior del brazo articulado

El brazo inclinado se encuentra articulado, esta particularidad le permite rotar ligeramente en el plano de los cables en respuesta a los posibles cambios de carga. La articulación evita la aparición de aquellas flexiones que sin duda aparecerían si el brazo estuviera empotrado a la base del medio arco.

La articulación se crea cruzando el armado longitudinal del acero de refuerzo en la base del brazo, y reemplazando el volumen de concreto que se sacrifica con gruesas almohadillas de goma o caucho. Esto crea, en la base del brazo, una zona que presenta poca resistencia a la flexión en el plano de los cables. Por otra parte, la compresión en esta zona debe ser resistida totalmente por el acero de refuerzo, mientras el pequeño volumen de concreto restante se flexiona ligeramente cuando las diminutas rotaciones del brazo se llevan a cabo.



e. Cálculo de la cimentación

Cada una de las columnas recibe una carga compresiva de 420.32 kN ó 43 toneladas que debe ser transferida a la cimentación. El proyecto se localiza en una zona cuyo suelo actual es el resultado de una antigua erupción del cercano volcán Xitle. El terreno se encuentra dentro de la Zona I de la Zonificación Geotécnica de la Ciudad de México, zona que corresponde a suelos firmes o lomas formadas por rocas; el Reglamento de Construcciones del DF atribuye a este tipo de suelos una resistencia que va de las 20 a las 50 toneladas/m².

Si considero una resistencia mínima de 20 toneladas/m² la cimentación debe tener una sección de:

$$\text{Acimentación} = \frac{\text{Carga o Peso total de la estructura}}{\text{Resistencia del terreno}} = \frac{43 \text{ toneladas}}{20 \text{ toneladas/m}^2} = 2.15 \text{ m}^2$$

Esta área nos sugiere una zapata cuadrada de 1.50 m de lado y con 2.25 m². El esfuerzo que experimenta la cimentación es:

$$\bullet = \frac{P \pm 6Me}{A \quad BL^2}$$

donde:

P es la descarga sobre la cimentación;

A es el área de la cimentación;

Me es el momento que genera la carga por una excentricidad accidental;

B es el ancho de la cimentación, y

L es la longitud de la cimentación.

$$\bullet = \frac{43 \text{ toneladas}}{2.25 \text{ m}^2} \pm \frac{6 (43 \text{ toneladas})(0.05 \text{ m})}{(1.50 \text{ m}) (1.50 \text{ m})^2} = 19.10 \text{ toneladas/m}^2 \pm 3.82 \text{ toneladas/m}^2$$

$$\bullet 1 = 19.10 \text{ toneladas/m}^2 + 3.82 \text{ toneladas/m}^2 = 22.92 \text{ toneladas/m}^2 > 20 \text{ toneladas/m}^2$$

$$\bullet 2 = 19.10 \text{ toneladas/m}^2 - 3.82 \text{ toneladas/m}^2 = 15.28 \text{ toneladas/m}^2 < 20 \text{ toneladas/m}^2$$

La cimentación en cada base de columna es una zapata aislada cuyo comportamiento puede idealizarse como una ménsula con carga uniforme. La cuantía de acero se puede calcular con el siguiente procedimiento:

$$M = \frac{w L^2}{2} = \frac{(20 \text{ toneladas/m}^2) (0.50 \text{ m})^2}{2} = 2.50 \text{ toneladas}\cdot\text{m}$$

$$V = w L = (20 \text{ toneladas/m}^2) (0.50 \text{ m}) = 10 \text{ toneladas}$$

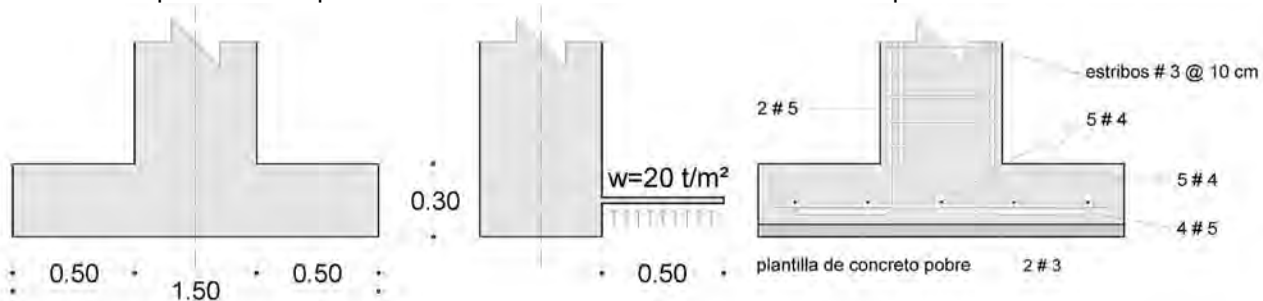
$$p_{\min} = \frac{0.70 \cdot 240 \text{ kg/cm}^2}{4200 \text{ kg/cm}^2} = 0.002582$$

$$p = \frac{f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 M F C}{0.90 b d^2 f'_c}} \right]$$

$$p = (0.0405) (0.0006045) = 0.0000245 < 0.002582$$

Por lo tanto, el acero requerido es: $A_s = p b d = (0.002582) (60 \text{ cm}) (26 \text{ cm}) = 4.03 \text{ cm}^2$.

El armado adoptado se compone de 5 varillas del número 4 con 30 cm de separación.



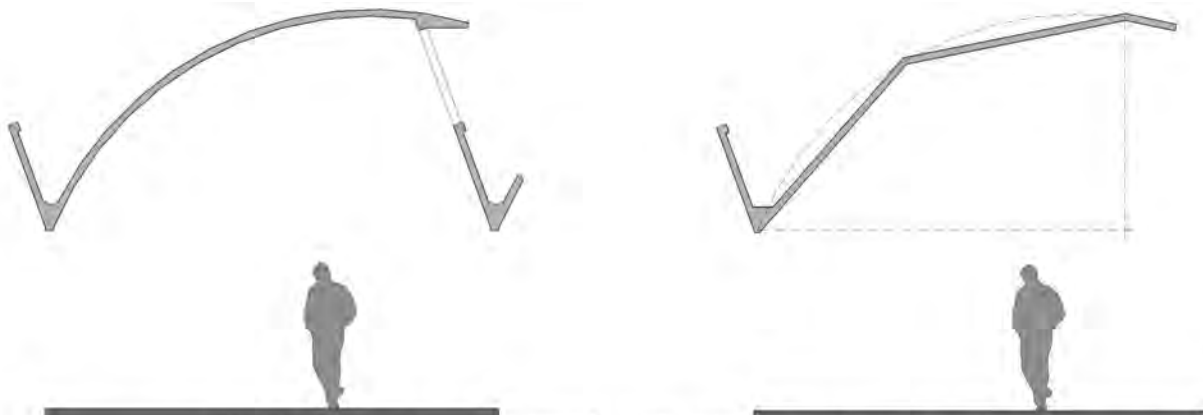
(26) idealización y armado de refuerzo de la cimentación

1.3 Bóvedas cilíndricas dentadas.

- Descripción de la estructura

Las naves de incubación y reproducción de la granja coturnícola tienen por cubierta una serie de bóvedas en forma de dientes de sierra. Este tipo de bóvedas, compuestas a partir de cilindros y planos, pueden ser consideradas como bóvedas cilíndricas que se han inclinado ligeramente para permitir el paso lateral de la luz; esto supone la actuación de fuerzas oblicuas en la cilíndrica horizontal, conformando así bóvedas con cargas asimétricas y no verticales.

El siguiente método de cálculo supone considerar este tipo de bóveda como compuesta por 4 vigas. Ello equivale a considerar que la bóveda cilíndrica se ha sustituido por una prismática (figura 27), cuyo peso es equivalente en lo que al cálculo longitudinal se refiere.



(27) bóveda cilíndrica en dientes de sierra: esquema real e idealización

a. Determinación de las cargas actuantes en la bóveda

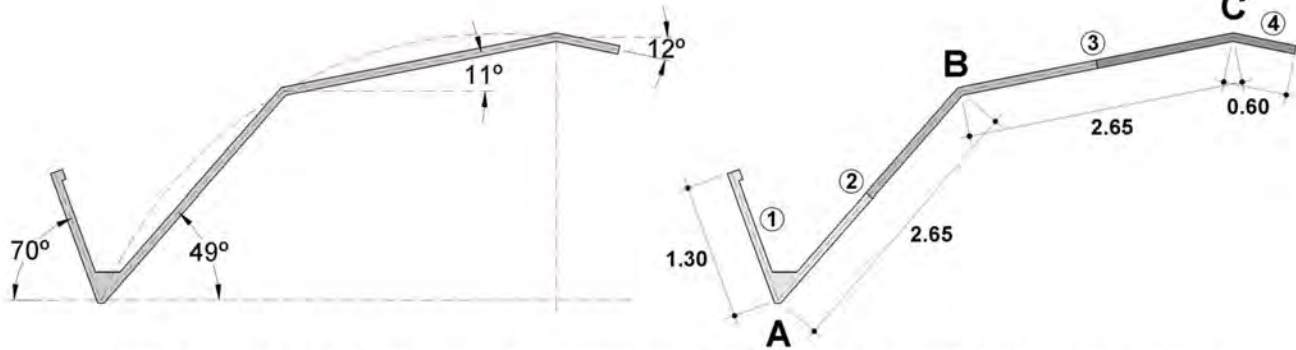
Carga Muerta = $(0.08 \text{ m}) (2000 \text{ kg/m}^2) = 160 \text{ kg/m}^2$

Impermeabilización = 15 kg/m^2

Carga Viva (tomada del RCDF) = 40 kg/m^2

Carga Total = **215 kg/m^2**

Las vigas centrales 2 y 3 se idealizan como vigas que presentan apoyos simples en sus extremos; las vigas 1 y 4, por su parte, se consideran como ménsulas libres en uno de sus extremos, pero empotradas a los puntos A y C respectivamente (figura 28).



(28) esquema de bóveda dentada idealizada como una losa prismática de cuatro placas

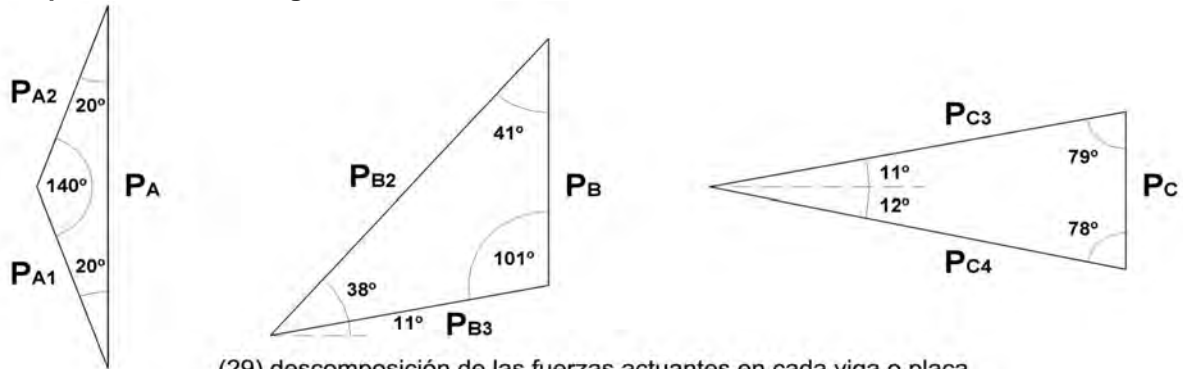
Los valores de las cargas en los puntos A, B y C son:

$$P_A = (1.30 \text{ m} + 1.325 \text{ m}) (215 \text{ kg/m}^2) = 564.40 \text{ kg}; \mathbf{565 \text{ kg}}$$

$$P_B = (1.325 \text{ m} + 1.325 \text{ m}) (215 \text{ kg/m}^2) = 569.80 \text{ kg}; \mathbf{570 \text{ kg}}$$

$$P_C = (1.325 \text{ m} + 0.60 \text{ m}) (215 \text{ kg/m}^2) = 413.90 \text{ kg}; \mathbf{414 \text{ kg}}$$

b. Descomposición de las cargas actuantes



(29) descomposición de las fuerzas actuantes en cada viga o placa

Descomponiendo las cargas P_A en 1 y 2, P_B en 2 y 3, y P_C en 3 y 4 según la figura 29, y aplicando la ley de los senos se tiene que:

$$P_{A1} = P_A \frac{\text{sen } 20^\circ}{\text{sen } 140^\circ} = (565 \text{ kg}) (0.532) = \mathbf{300.60 \text{ kg}}$$

$$P_{A2} = P_A \frac{\text{sen } 20^\circ}{\text{sen } 140^\circ} = (565 \text{ kg}) (0.532) = \mathbf{300.60 \text{ kg}}$$

$$P_{B2} = P_B \frac{\text{sen } 101^\circ}{\text{sen } 38^\circ} = (570 \text{ kg}) (1.600) = \mathbf{912.00 \text{ kg}}$$

$$P_{B3} = P_B \frac{\text{sen } 41^\circ}{\text{sen } 101^\circ} = (570 \text{ kg}) (0.668) = \mathbf{381.00 \text{ kg}}$$

$$PC3 = PC \frac{\sin 78^\circ}{\sin 23^\circ} = (414 \text{ kg}) (2.503) = \mathbf{1\ 036.40 \text{ kg}}$$

$$PC4 = PC \frac{\sin 79^\circ}{\sin 78^\circ} = (414 \text{ kg}) (1.003) = \mathbf{415.50 \text{ kg}}$$

Por lo tanto, las fuerzas totales que actúan en cada placa son:

$$P1 = PA1 = \mathbf{300.60 \text{ kg}}$$

$$P2 = PA2 + PB2 = 300.60 \text{ kg} + 912.00 \text{ kg} = \mathbf{1\ 212.60 \text{ kg}}$$

$$P3 = PB3 + PC3 = 381.00 \text{ kg} + 1\ 036.40 \text{ kg} = \mathbf{1\ 417.40 \text{ kg}}$$

$$P4 = PC4 = \mathbf{415.50 \text{ kg}}$$

c. Determinación de los momentos flexionantes y fuerzas cortantes longitudinales

Con las cargas P1, P2, P3 y P4 se procede a estimar los momentos longitudinales. La longitud de las bóvedas es de 6.80 m., al mismo tiempo se puede considerar un valor $k = l^2 / 8$ constante igual a 5.78 m.

$$MO1 = P1 (l^2 / 8)$$

$$MO1 = (300.60 \text{ kg}) (5.78 \text{ m}) = \mathbf{1\ 737.50 \text{ kg}\cdot\text{m}}$$

$$MO2 = P2 (l^2 / 8)$$

$$MO2 = (1\ 212.60 \text{ kg}) (5.78 \text{ m}) = \mathbf{-7\ 008.80 \text{ kg}\cdot\text{m}}$$

$$MO3 = P3 (l^2 / 8)$$

$$MO3 = (1\ 417.40 \text{ kg}) (5.78 \text{ m}) = \mathbf{-8\ 192.60 \text{ kg}\cdot\text{m}}$$

$$MO4 = P4 (l^2 / 8)$$

$$MO4 = (415.50 \text{ kg}) (5.78 \text{ m}) = \mathbf{2\ 401.60 \text{ kg}\cdot\text{m}}$$

Para obtener las fuerzas cortantes se parte de la hipótesis de la teoría elástica, suponiendo además que el material es homogéneo e isótropo, es decir, como si no fuera de cerámica armada. El problema que se plantea es la igualación de los esfuerzos de flexión debidos a los momentos M_{on} de cada placa en los nudos, teniendo en cuenta el efecto de excentricidad de las fuerzas de corte al actuar sobre las placas.

Para la obtención de las fuerzas de corte se recurre a la igualación de los esfuerzos en un borde común a dos placas adyacentes de sección rectangular sometidas a los momentos $MO2$ y $MO3$ del mismo signo. Estos momentos son los debidos a las fuerzas que actúan sobre las placas.

$$1 / h1 = 1 / 1.30 \text{ m} = 0.77$$

$$1 / h2 = 1 / 2.65 \text{ m} = 0.38$$

$$1 / h3 = 1 / 2.65 \text{ m} = 0.38$$

$$1 / h4 = 1 / 0.60 \text{ m} = 1.67$$

La igualación de los esfuerzos es:

$$\begin{aligned}(\text{MO1}) (h1^2) &= (1\ 737.50) (0.60) = -1\ 042.50 \\(\text{MO2}) (h2^2) &= (7\ 008.80) (0.15) = +1\ 051.30 \\(\text{MO3}) (h3^2) &= (8\ 192.60) (0.15) = +1\ 228.90 \\(\text{MO4}) (h4^2) &= (2\ 401.60) (2.80) = -6\ 724.50\end{aligned}$$

Para las placas 1 y 2 resulta:

$$2T_A (1.15) + T_B (0.38) = 3 (-1\ 042.50 + 1\ 051.32)$$

Para las placas 2 y 3:

$$T_A (0.38) + 2T_B (0.76) + T_C (0.38) = 3 (1\ 051.32 + 1\ 228.90)$$

Para las placas 3 y 4:

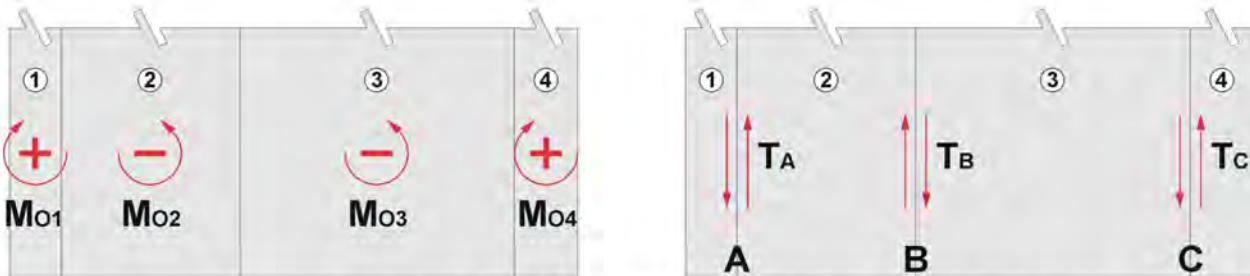
$$T_B (0.38) + 2T_C (2.05) = 3 (1\ 228.90 - 6\ 724.50)$$

Finalmente el sistema se integra de la siguiente forma y se resuelve como un sistema de ecuaciones simultáneas:

$$\begin{aligned}2.30 T_A + 0.38 T_B &= 26.46 \\0.38 T_A + 1.52 T_B + 0.38 T_C &= 6\ 840.66 \\0.38 T_B + 4.10 T_C &= -16\ 486.80\end{aligned}$$

Por lo tanto:

$$\begin{aligned}T_A &= -960.32 \\T_B &= 5\ 882.10 \\T_C &= -4\ 566.34\end{aligned}$$



(30) momentos flexionantes y fuerzas cortantes longitudinales en cada placa

d. Cálculo de las reacciones y dimensionamiento de los apoyos

Las reacciones o fuerzas que descargan las placas de las trabes-losas sobre los elementos de apoyo son:

$$\begin{aligned}R1 &= (L / 2) P1 = (6.80 / 2) (300.60 \text{ kg}) = 1\ 022.00 \text{ kg} \\R2 &= (L / 2) P2 = (6.80 / 2) (1\ 212.60 \text{ kg}) = 4\ 122.80 \text{ kg} \\R3 &= (L / 2) P3 = (6.80 / 2) (1\ 417.40 \text{ kg}) = 4\ 819.20 \text{ kg} \\R4 &= (L / 2) P4 = (6.80 / 2) (415.50 \text{ kg}) = 1\ 412.70 \text{ kg}\end{aligned}$$

Para verificar estos valores, basta con comprobar que la suma vectorial de estas reacciones coincide con la reacción vertical igual a la mitad del peso propio de la bóveda:

$$R = (P_A + P_B + P_C) \cdot 3.40$$

$$R = (565 \text{ kg} + 570 \text{ kg} + 414 \text{ kg}) \cdot (3.40)$$

$$R = 5\,266.60 \text{ kg}$$



Finalmente, la sección que requieren los apoyos es:

$$A_{req} = \frac{(5\,266.60 \text{ kg}) (1.40)}{(0.2125) (200) + (0.80) (2000) (0.0065)} =$$

$$A_{req} = \frac{7\,373.25 \text{ kg}}{52.90 \text{ kg/cm}^2} = 139.40 \text{ cm}^2$$

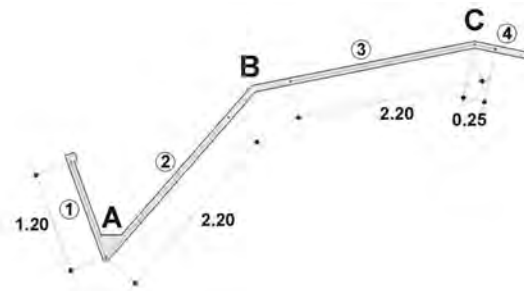
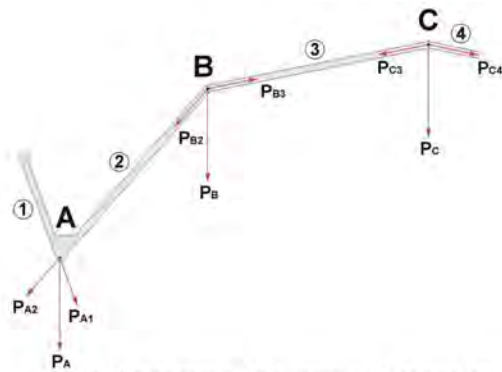
El acero requerido es:

$$A_s = (20 \text{ cm}) (20 \text{ cm}) (0.0065) = 2.60 \text{ cm}^2$$

Esta área sugiere una sección cuadrada de 11.80 cm de lado más recubrimiento, ello nos arrojaría una sección de 15.80 x 15.80 cm; sin embargo, por la medida modular del block empleado para los muros, la sección que he adoptado es de 20 x 20 cm. El armado consta de cuatro varillas del número 4 que proveen un área de 2.84 cm² de acero.

e. Determinación de las fuerzas de compresión y tracción en cada placa

Las fuerzas de compresión y de tracción se encuentran dividiendo los momentos longitudinales entre los correspondientes brazos de palanca Z1, Z2 Y Z3.



(32) diagrama de fuerzas y brazos de palanca entre los centros de compresión de cada placa

$$C1 = T1 = MO1 / Z1$$

$$C1 = T1 = 1\,737.50 \text{ kg}\cdot\text{m} / 1.20 \text{ m} = \mathbf{1\,448 \text{ kg}}$$

$$C2 = T2 = MO2 / Z2$$

$$C2 = T2 = 7\,008.80 \text{ kg}\cdot\text{m} / 2.20 \text{ m} = \mathbf{3\,186 \text{ kg}}$$

$$C3 = T3 = MO3 / Z3$$

$$C3 = T3 = 8\,192.60 \text{ kg}\cdot\text{m} / 2.20 \text{ m} = \mathbf{3\,724 \text{ kg}}$$

$$C4 = T4 = MO4 / Z4$$

$$C4 = T4 = 2\,401.60 \text{ kg}\cdot\text{m} / 0.25 \text{ m} = \mathbf{9\,607 \text{ kg}}$$

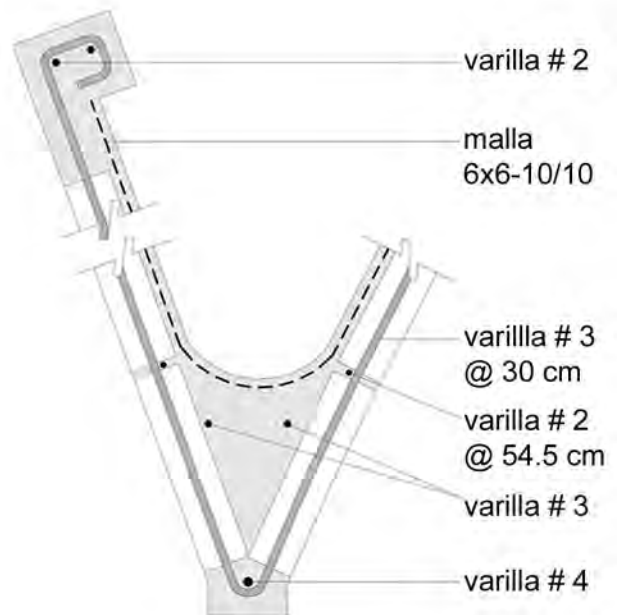
f. Cálculo del acero de refuerzo para cada placa

En A se juntan las tracciones T1 y T2, en B T2 y T3, y en C T3 y T4. Esto se traduce en la colocación de acero de refuerzo necesario para resistir la suma de las tracciones que confluyen en cada punto. Por lo tanto el área de acero requerido es:

$$AS\ A = \frac{T1 + T2}{\bullet} = \frac{1\,448 \text{ kg} + 3\,186 \text{ kg}}{2000 \text{ kg}/\text{cm}^2} = \mathbf{2.32 \text{ cm}^2}$$

$$AS\ B = \frac{T2 + T3}{\bullet} = \frac{3\,186 \text{ kg} + 3\,724 \text{ kg}}{2000 \text{ kg}/\text{cm}^2} = \mathbf{3.50 \text{ cm}^2}$$

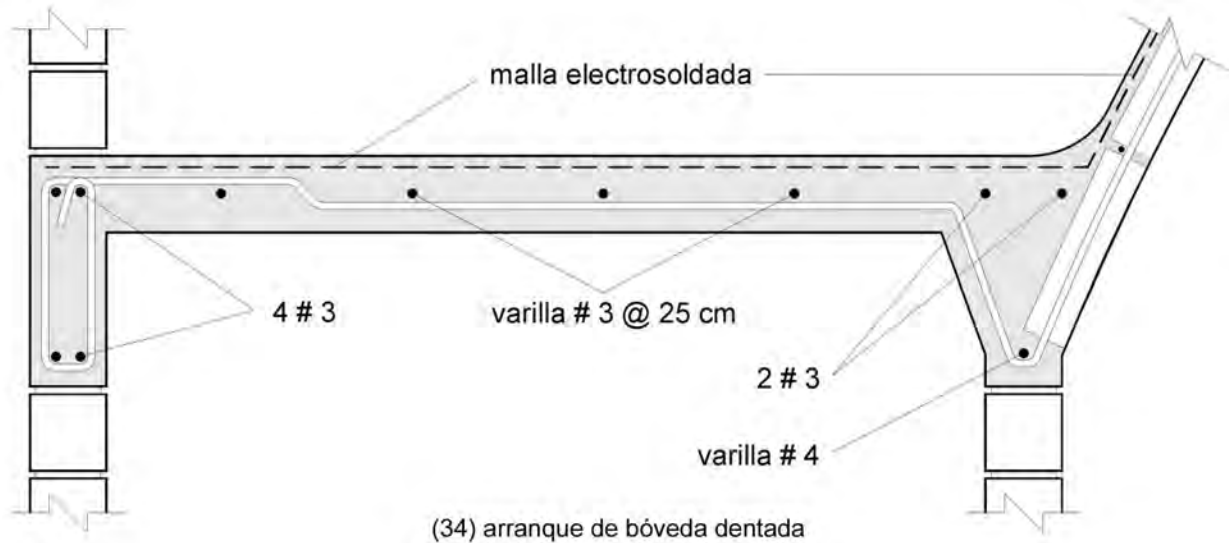
$$AS\ C = \frac{T3 + T4}{\bullet} = \frac{3\,724 \text{ kg} + 9\,607 \text{ kg}}{2000 \text{ kg}/\text{cm}^2} = \mathbf{6.67 \text{ cm}^2}$$



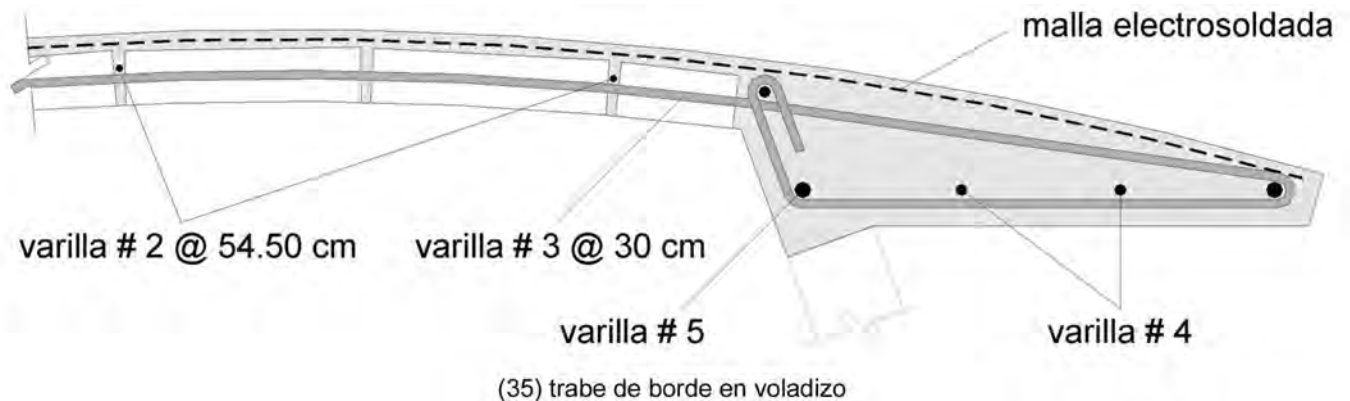
(33) viga repisón y trabe de arranque

La viga repisón, situada en el extremo libre de la viga 1, sólo debe resistir la tracción T1, por lo tanto, requiere de 0.725 cm^2 de acero; su armado se compone tan solo de dos varillas del número 2, con un área de acero de 0.98 cm^2 .

El armado de refuerzo de la trabe en el punto A, donde concurren las cargas de las vigas o placas 1 y 2, puede constar de dos varillas del número 4 con un área de acero de 2.54 cm^2 , pero he optado por una varilla de número 4 y dos del número 3, proveyendo a la sección un área de acero de 2.69 cm^2 .



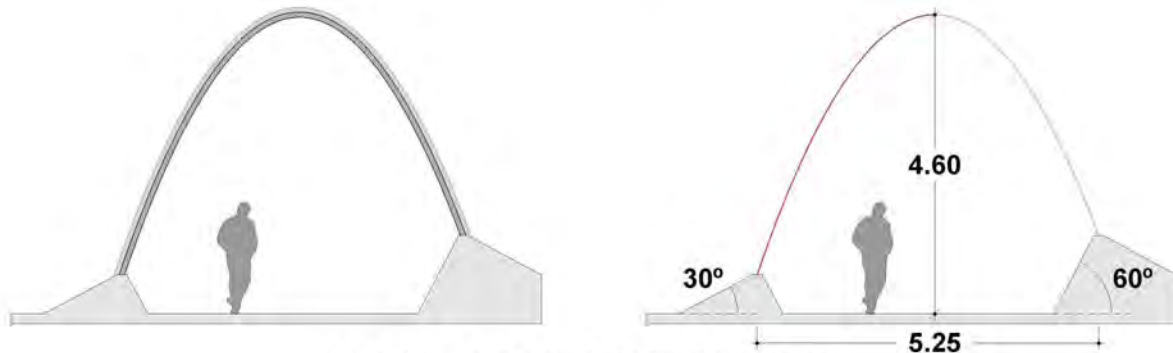
El armado longitudinal de la bóveda de cerámica armada requiere un área de 3.50 cm^2 , el armado consta de 10 varillas del número dos a cada 54.50 cm , es decir, a cada dos hiladas de tabique. La trabe de borde superior C requiere de 9.40 varillas del número 3, o 5.25 del 4, o 3.37 del número 5; el armado adoptado se compone de dos varillas del número 5 y tres del número 4, dotando un área de acero de 7.77 cm^2 .



1.4 Bóveda corrida de directriz parabólica.

• Descripción de la estructura

La estructura muro-cubierta de la nave de cría consiste en una simple bóveda de cañón cuya particularidad es que se ha generado a partir de la traslación de una curva parabólica. Los extremos de la bóveda descansan sobre taludes que hacen las veces de contrafuertes y cimentación ante los empujes de la bóveda. Las traveses de borde se han integrado al interior de los taludes que, por sus diferentes dimensiones, ocasionan una asimetría en la bóveda. La bóveda de cañón tiene un claro de 5.25 m (módulo empleado en cada una de las naves) y una flecha de 4.60 m.



(36) bóveda longitudinal de directriz parabólica

a. Determinación de la carga actuante por metro cuadrado de bóveda

$$\begin{aligned} \text{Carga Muerta} &= (\text{espesor de la bóveda}) (\text{peso específico del material}) \\ &= (0.08 \text{ m}) (2000 \text{ kg/m}^3) = 160 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Impermeabilización} &= 15 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Carga Viva (tomada del RCDF)} &= 40 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Carga Total} &= 215 \text{ kg/m}^2 = \mathbf{2.10 \text{ kN/m}^2} \end{aligned}$$

b. Determinación de las fuerzas y de la forma por métodos gráficos

Asumo que las cargas se distribuyen uniformemente y discretizo la carga en diez cargas. Cada carga es aplicada en el centro de un segmento de 0.54625 m de claro. Tanto la primera como la última carga se ubican a 0.273125 m de los extremos del claro, mientras que las demás cargas actúan a intervalos de 0.525 m. La magnitud de cada carga es:

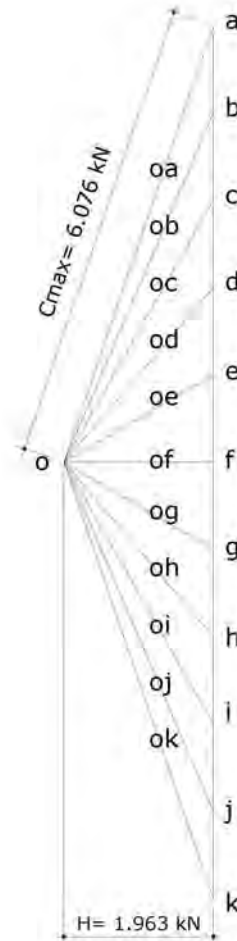
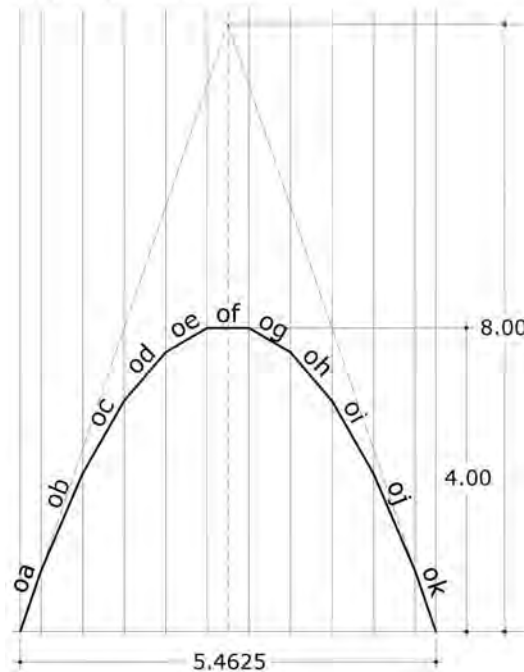
$$P = (2.10 \text{ kN/m}^2) (0.54625 \text{ m}) (1.00 \text{ m}) = \mathbf{1.15 \text{ kN} = 117.30 \text{ kg}}$$

La figura 37 corresponde al diagrama de cargas de la bóveda en el que se observa la conversión de la carga uniforme en discontinua.

La figura 38 es el polígono funicular que resulta una parábola de segundo grado (puesto que se ha supuesto una carga uniforme) y que constituye el diagrama de momentos de la bóveda.

La figura 39 es el polígono de fuerzas de la bóveda. Las rectas son vectores que representan las fuerzas de compresión presentes en la bóveda. La distancia polar "of" representa el empuje horizontal del arco parabólico; mientras que la recta "oa" y "ok" representan las fuerzas máximas de compresión.

Estas gráficas pueden escalarse para determinar tanto las dimensiones del arco parabólico (curva directriz de la bóveda) como las fuerzas de compresión puras. Gráficamente he obtenido que en una franja de bóveda de un metro de ancho la fuerza máxima de compresión es de **6.076 kN**, y el empuje horizontal es de **1.963 kN**.



c. Determinación de la forma de la bóveda por métodos numéricos

La flecha del arco parabólico es de 4.00 m y el claro es de 5.4625 m. He dividido el claro en diez partes iguales de 0.54625 m de ancho. Para calcular la altura del arco parabólico a cada intervalo uso nuevamente la ecuación:

$$yx = 4s (x/L - x^2/L^2)$$

donde:

x es el intervalo;
y es la ordenada de la parábola en cada intervalo;
s es la flecha del arco (4.00 m);
L es el claro del arco.

Así pues:

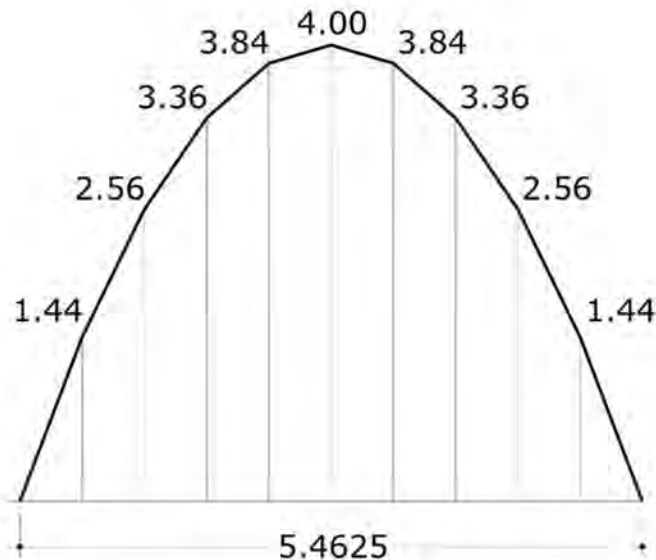
$$y_{0.1} = (16 \text{ m}) (.1 - 0.1^2) = (16 \text{ m}) (0.09) = \mathbf{1.44 \text{ m}}$$

$$y_{0.2} = (16 \text{ m}) (.2 - 0.2^2) = (16 \text{ m}) (0.16) = \mathbf{2.56 \text{ m}}$$

$$y_{0.3} = (16 \text{ m}) (.3 - 0.3^2) = (16 \text{ m}) (0.21) = \mathbf{3.36 \text{ m}}$$

$$y_{0.4} = (16 \text{ m}) (.4 - 0.4^2) = (16 \text{ m}) (0.24) = \mathbf{3.84 \text{ m}}$$

$$y_{0.5} = (16 \text{ m}) (.5 - 0.5^2) = (16 \text{ m}) (0.25) = \mathbf{4.00 \text{ m}}$$



(40) coordenadas de la bóveda

d. Determinación de la fuerza máxima en la bóveda por métodos numéricos

Se ha examinado una franja de bóveda de un metro de ancho, que cubre 5.4625 m y con una flecha de 4 m. De la discretización previa se obtuvo que la magnitud de cada una de las diez fuerza es de 117.30 kg, es decir, 1.15 kN, por lo tanto, el valor total de la carga en una franja de bóveda es de **1,173.00 kg** ó **11.50 kN**.

Para obtener el valor del empuje horizontal o coceo de la bóveda se puede recurrir a la fórmula:

$$H = WL \div 8s = \frac{(11.50 \text{ kN}) (5.4625 \text{ m})}{(8) (4.00 \text{ m})} = \frac{62.82 \text{ kNm}}{32 \text{ m}} = 1.963 \text{ kN} = 200.24 \text{ kg}$$

Para calcular la fuerza máxima en la bóveda se puede usar la siguiente fórmula:

$$C_{\max} = H \cdot 16n^2 + 1$$

Antes es necesario encontrar el valor de n , el cual se obtiene dividiendo la flecha entre el claro.

$$n = s \div L = 4.00 \text{ m} \div 5.4625 \text{ m} = 0.7322$$

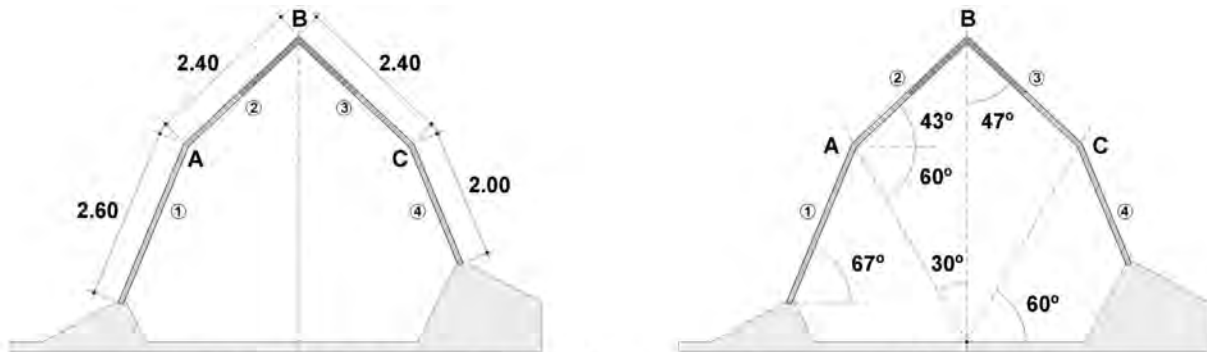
entonces:

$$C_{\max} = 6 \text{ kN} \cdot 16 (0.7322)^2 + 1 = 6.076 \text{ kN} = 619.75 \text{ kg}$$

Por lo tanto, numéricamente se ha determinado que el empuje lateral que ejerce la bóveda es de 1.963 kN, y la fuerza compresiva máxima es de 6.076 kN. Como puede observarse estos valores coinciden totalmente con los obtenidos gráficamente.

e. Cálculo del acero de refuerzo de la bóveda

El cálculo parte de considerar a la bóveda como una losa prismática de cuatro vigas que presentan apoyos simples en sus extremos y bajo una carga uniforme de 2.10 kN/m² o 215 kg/m².



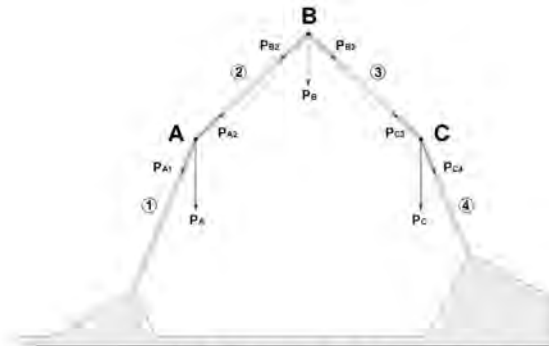
(41) idealización de la bóveda como una losa prismática compuesta por cuatro placas

Los valores de las cargas en los puntos A, B y C son:

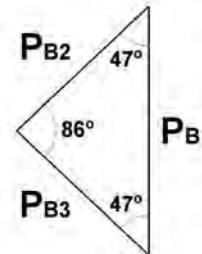
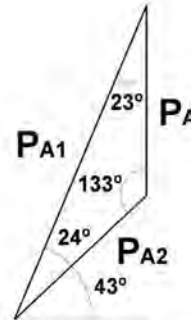
$$PA = (2.60 \text{ m} + 1.20 \text{ m}) (215 \text{ kg/m}^2) = \mathbf{817.00 \text{ kg}}$$

$$PB = (1.20 \text{ m} + 1.20 \text{ m}) (215 \text{ kg/m}^2) = \mathbf{516.00 \text{ kg}}$$

$$PC = (1.20 \text{ m} + 2.00 \text{ m}) (215 \text{ kg/m}^2) = \mathbf{688.00 \text{ kg}}$$



(42) diagramas de fuerzas actuantes en cada placa y de descomposición de las cargas



El siguiente paso consiste en descomponer las cargas PA en 1 y 2, PB en 2 y 3, y PC en 3 y 4 según la figura 42, y aplicando la ley de los senos se tiene que:

$$PA1 = PA \frac{\text{sen } 133^\circ}{\text{sen } 24^\circ} = (817 \text{ kg}) (1.80) = \mathbf{1\ 470.60 \text{ kg}}$$

$$PA2 = PA \frac{\text{sen } 23^\circ}{\text{sen } 133^\circ} = (817 \text{ kg}) (0.53) = \mathbf{436.50 \text{ kg}}$$

$$PB2 = PB \frac{\text{sen } 47^\circ}{\text{sen } 86^\circ} = (516 \text{ kg}) (0.73) = \mathbf{378.30 \text{ kg}}$$

$$PB3 = PB \frac{\text{sen } 47^\circ}{\text{sen } 86^\circ} = (516 \text{ kg}) (0.73) = \mathbf{378.30 \text{ kg}}$$

$$PC3 = PC \frac{\text{sen } 23^\circ}{\text{sen } 133^\circ} = (688 \text{ kg}) (0.53) = \mathbf{367.60 \text{ kg}}$$

$$PC4 = PC \frac{\text{sen } 133^\circ}{\text{sen } 24^\circ} = (688 \text{ kg}) (1.80) = \mathbf{1\ 238.40 \text{ kg}}$$

Las fuerzas totales que actúan en cada placa son:

$$P1 = PA1 = \mathbf{1\ 470.60 \text{ kg}}$$

$$P2 = PA2 + PB2 = 436.50 \text{ kg} + 378.30 \text{ kg} = \mathbf{814.80 \text{ kg}}$$

$$P3 = PB3 + PC3 = 378.30 \text{ kg} + 367.60 \text{ kg} = \mathbf{745.90 \text{ kg}}$$

$$P4 = PC4 = \mathbf{1\ 238.40 \text{ kg}}$$

Con estos valores se pueden ya estimar los momentos longitudinales de acuerdo con las condiciones de apoyo de las bóvedas. La longitud modular de las bóvedas es de 5.25 m., al mismo tiempo se puede considerar un valor $k = l^2 / 8$ constante igual a 3.45 m.

$$\begin{aligned} MO1 &= P1 (l^2 / 8) \\ MO1 &= (1\ 470.60\ \text{kg}) (3.45\ \text{m}) = \mathbf{5\ 073.60\ \text{kg}\cdot\text{m}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MO2 &= P2 (l^2 / 8) \\ MO2 &= (814.80\ \text{kg}) (3.45\ \text{m}) = \mathbf{2\ 811.00\ \text{kg}\cdot\text{m}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MO3 &= P3 (l^2 / 8) \\ MO3 &= (745.90\ \text{kg}) (3.45\ \text{m}) = \mathbf{2\ 573.40\ \text{kg}\cdot\text{m}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MO4 &= P4 (l^2 / 8) \\ MO4 &= (1\ 238.40\ \text{kg}) (3.45\ \text{m}) = \mathbf{4\ 272.50\ \text{kg}\cdot\text{m}} \end{aligned}$$

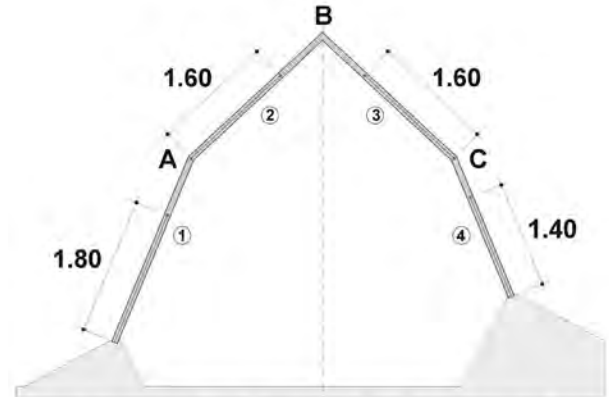
Las fuerzas de compresión y de tracción se encuentran dividiendo los momentos longitudinales entre los correspondientes brazos de palanca Z1, Z2, Z3 y Z4.

$$\begin{aligned} C1 = T1 &= MO1 / Z1 \\ C1 = T1 &= 5\ 073.60\ \text{kg}\cdot\text{m} / 1.80\ \text{m} = \mathbf{2\ 818.70\ \text{kg}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C2 = T2 &= MO2 / Z2 \\ C2 = T2 &= 2\ 811.00\ \text{kg}\cdot\text{m} / 1.60\ \text{m} = \mathbf{1\ 756.90\ \text{kg}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C3 = T3 &= MO3 / Z3 \\ C3 = T3 &= 2\ 573.40\ \text{kg}\cdot\text{m} / 1.60\ \text{m} = \mathbf{1\ 608.40\ \text{kg}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C4 = T4 &= MO4 / Z4 \\ C4 = T4 &= 4\ 272.50\ \text{kg}\cdot\text{m} / 1.40\ \text{m} = \mathbf{3\ 051.80\ \text{kg}} \end{aligned}$$



(43) brazos de palanca de cada placa

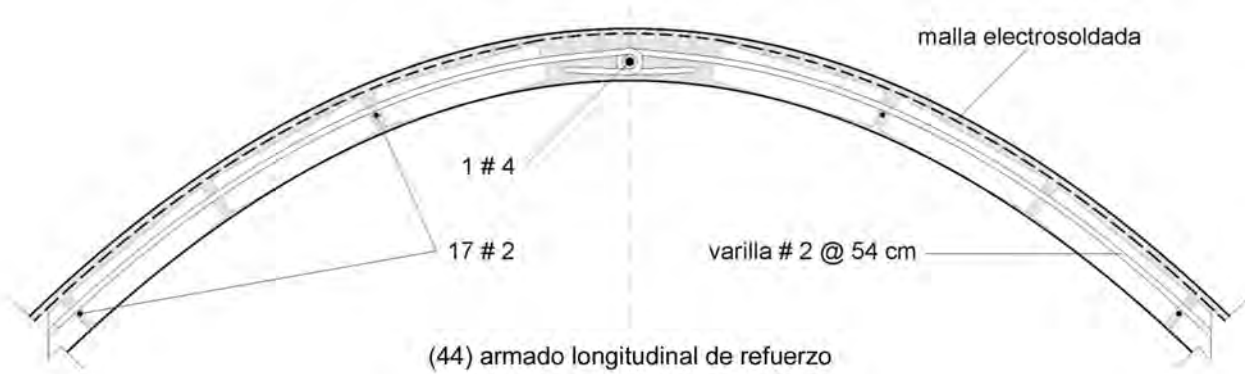
Finalmente se puede calcular el acero de refuerzo para cada placa. En A se juntan las tracciones T1 y T2, en B T2 y T3, y en C T3 y T4. Esto se traduce en la colocación de acero de refuerzo necesario para resistir la suma de las tracciones que confluyen en cada punto. Por lo tanto el área de acero requerido es:

$$AS\ A = \frac{T1 + T2}{2000\ \text{kg}/\text{cm}^2} = \frac{2\ 818.70\ \text{kg} + 1\ 756.90\ \text{kg}}{2000\ \text{kg}/\text{cm}^2} = \mathbf{2.30\ \text{cm}^2}$$

$$AS\ B = \frac{T2 + T3}{2000\ \text{kg}/\text{cm}^2} = \frac{1\ 756.90\ \text{kg} + 1\ 608.40\ \text{kg}}{2000\ \text{kg}/\text{cm}^2} = \mathbf{1.70\ \text{cm}^2}$$

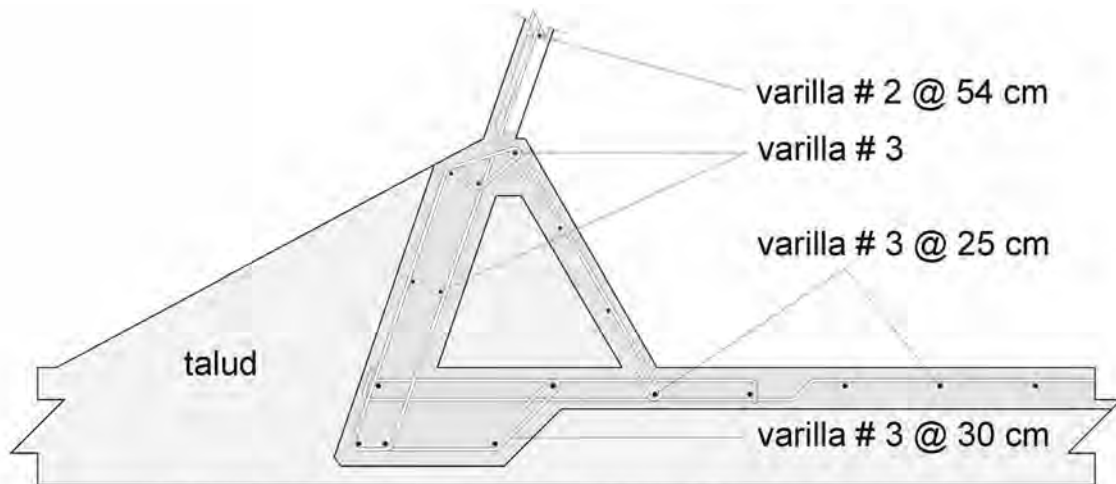
$$AS\ C = \frac{T3 + T4}{2000\ \text{kg}/\text{cm}^2} = \frac{1\ 608.40\ \text{kg} + 3\ 051.80\ \text{kg}}{2000\ \text{kg}/\text{cm}^2} = \mathbf{2.35\ \text{cm}^2}$$

El armado longitudinal de la bóveda requiere un área de 6.35 cm^2 (suma de las áreas requeridas en los tres puntos). El armado se compone de 17 varillas del número dos a cada 54 cm, a cada dos hiladas de tabique, más una varilla del número cuatro colocada en la clave del arco parabólico; esto provee 6.75 cm^2 de acero.

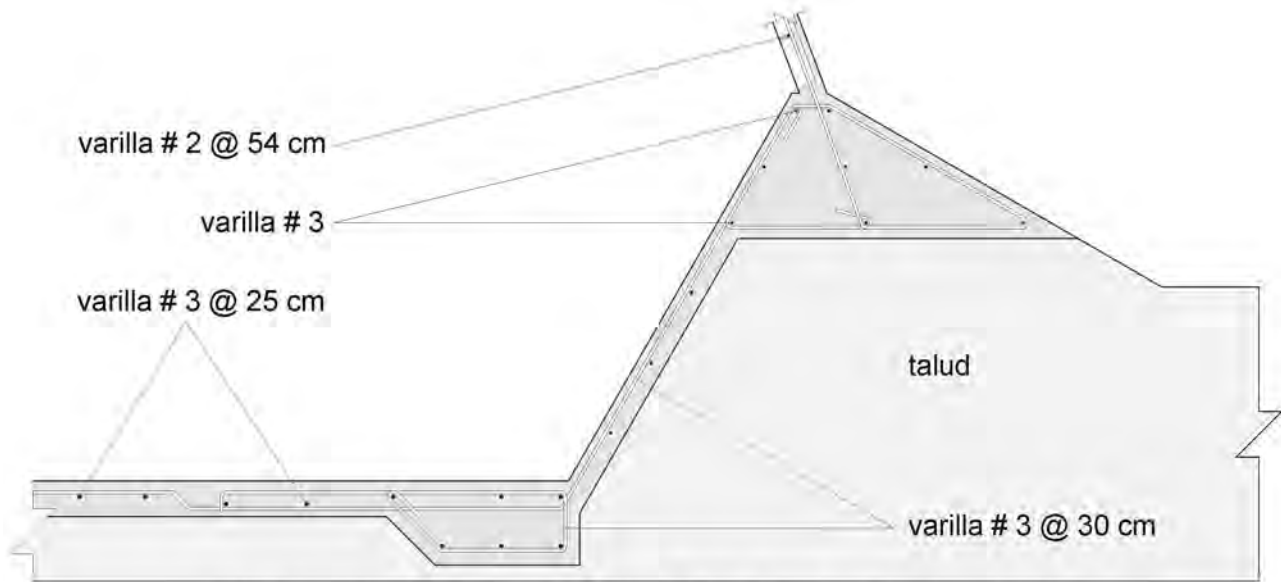


Las traveses de borde, ahogadas en los taludes, requieren 2.35 cm^2 de acero para soportar la carga compresiva que le transfiere la bóveda. El empuje lateral es tomado tanto por la losa de cimentación como por los taludes que actúan como pequeños contrafuertes.

Las traveses de borde, de acuerdo al cálculo, no requieren más que cuatro varillas del número tres; sin embargo, ante la necesidad de ligarlas a la losa de cimentación, el acero de refuerzo se ha incrementado.

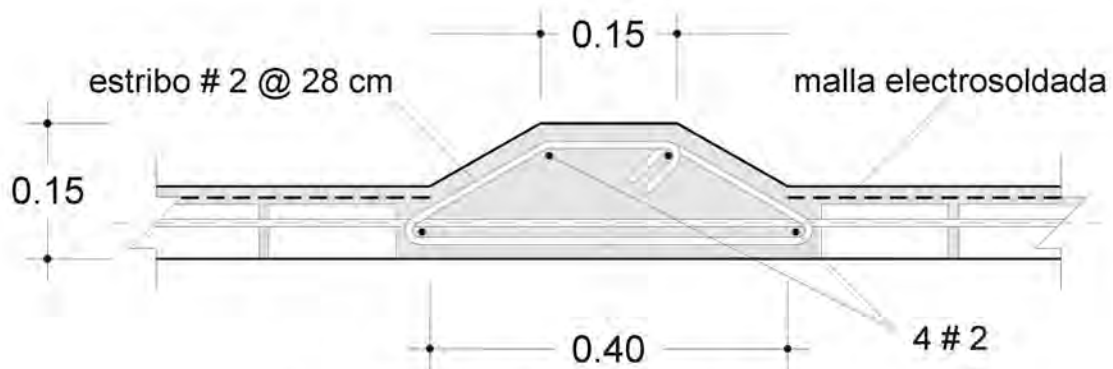


(45) armado de refuerzo en trabe de borde y losa de cimentación



(46) armado de refuerzo en trabe de borde y losa de cimentación

Por último, a cada 2.625 m la bóveda es rigidizada longitudinalmente por una nervadura. El armado de refuerzo de cada una de ellas consta de cuatro varillas del número 2, y estribos del mismo diámetro colocados a cada 28 centímetros, es decir, a cada hilada de tabique.



(47) armado de refuerzo para nervadura

BIBLIOGRAFÍA

- Benítez Zenteno, Raúl. "Grandes problemas de la Ciudad de México". Colección Desarrollo Urbano. México. 1988.
- Consejo Nacional de Población. "Escenarios demográficos y urbanos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2010". Serie Estudios Regionales. México. 1998.
- Dalmau Barral, Agustín. "Manual de la Codorniz. Cría industrial y para la caza". Dilagro-Lleida. Madrid. 1994.
- Dieste, Eladio. "La estructura cerámica". Escala. Bogotá, Colombia. 1987.
- Dieste, Eladio. "Métodos de Cálculo". Junta de Andalucía: Consejería de Obras Públicas y Transportes, Dirección General de Arquitectura y Vivienda. Sevilla. 2001.
- Dieste, Eladio. "Eladio Dieste: 1943-1996". Junta de Andalucía: Consejería de Obras Públicas y Transportes, Dirección General de Arquitectura y Vivienda. Sevilla. 2001.
- Fathy, H. "La arquitectura de los pobres". Extemporáneos. México. 1975.
- Garza Villareal, Gustavo. "El futuro de la Ciudad de México. Megalópolis emergente", en "Atlas de la Ciudad de México". Colegio de México. México. 1987.
- Garza Villareal, Gustavo. "La Ciudad de México en el fin del segundo milenio". Gobierno del Distrito Federal / Colegio de México / Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano. México. 2000.
- Gil Elizondo, Juan R. "Evolución de la planeación en la Ciudad de México", en "Atlas de la Ciudad de México". Colegio de México. México. 1987.
- González Lobo, Carlos. "Vivienda y ciudad posibles". Escala. Bogotá, Colombia. 1999.
- González Salazar, Gloria. "El Distrito Federal: algunos problemas y su planeación" UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas. México. 1990.
- Graizbord, Boris / Salazar, Héctor. "Expansión física de la Ciudad de México", en "Atlas de la Ciudad de México". Colegio de México. México. 1987.
- López Rangel, Rafael. "Problemas Metropolitanos y Desarrollo Nacional". UAM. México. 1992.
- Lucotte, G. "La codorniz. Cría y explotación". Mundi. Madrid. 1980.
- Moreno Toscano, Alejandra. "Ciudad de México. Ensayo de construcción de una historia". SEP. INAH, Cuadernos Científicos No. 61. México. 1978.
- Pérez y Pérez, F. "Coturnicultura. Tratado de cría y explotación industrial de codornices". Editorial Científico-Médica. Madrid. 1974.
- Programa de reordenación urbana y protección ecológica del Distrito Federal. DDF. México. 1984.
- Ruiz y A. M. Tepichini. "Preeminencia de la Ciudad de México (1940-1980)", en "Ciudades de México: Ubicación en el Sistema Nacional de Ciudades, expansión física y dinámica demográfica (1940-1980)", en "Atlas de la Ciudad de México". Colegio de México. México. 1987.
- Sauerbruch, Matthias. "Die autonome Grenze. Schranken in der Architektur". Berlín. 2003.
- Tonda, Juan Antonio. "Cascares de concreto". UAM. México. 1985.
- Unikel, Luis / Garza, Gustavo. "El desarrollo urbano de México". Colegio de México. México. 1976.
- Ward, Peter. "Una comparación entre colonias, paracaidistas y ciudades perdidas de la Ciudad de México. Hacia una nueva política", en "La problemática urbana del Distrito Federal". Reporte de investigación. UAM. México. 1980.