

CIMENTACION ED. RESIDENCIAS EL PARQUE

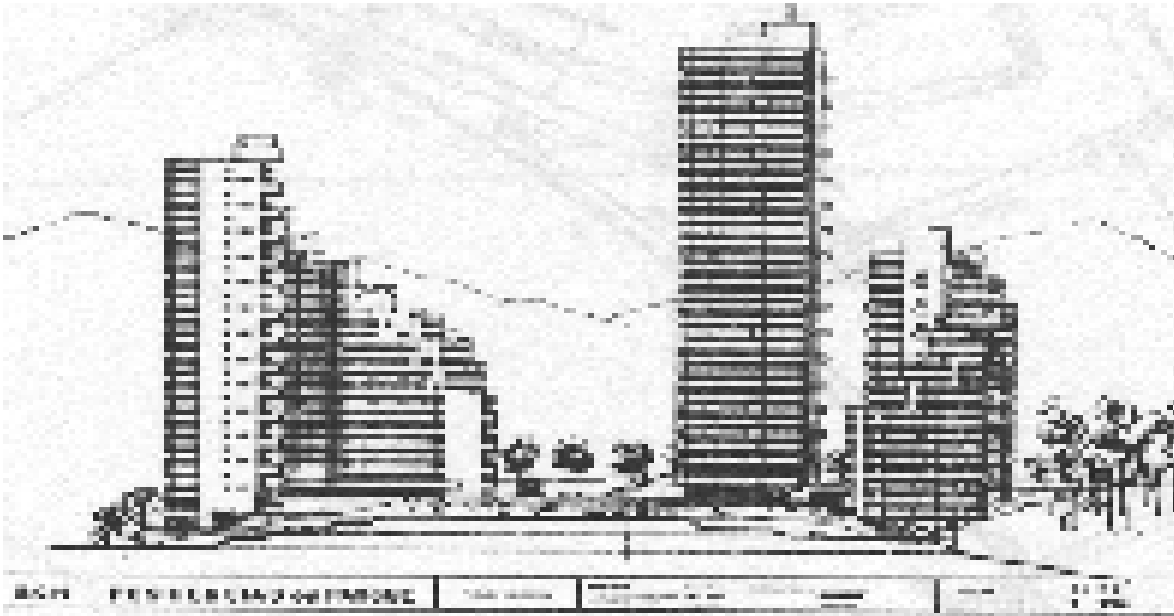
MARTHA PATRICIA FIGUEREDO DIAZ

Universidad Nacional de Colombia

“En una de sus clases casi ya legendarias, en la Universidad de Illinois, uno de sus alumnos preguntó irreverente al profesor Ralph B. Peck qué era una cimentación profunda. "Pues bien - contestó el Dr: Peck -una cimentación profunda es aquella que no es superficial." .Conociendo su proverbial caballerosidad y sus dotes de maestro inimitable, a fé que tenía razón. Podría decirse, en consecuencia, que no es una cimentación profunda la basada en pilotes de apenas pocos metros de longitud; así como no es una cimentación superficial la que se apoya sobre zapatas o losa colocadas a varios niveles bajo tierra.¹

Augusto Espinosa Silva I.C. Universidad Nacional, M.S. Universidad de Illinois

INTRODUCCIÓN



Sin ánimo de ser pretencioso, este documento nos presenta un acercamiento histórico, retrocediendo en el tiempo a los principios de las cimentaciones profundas en Bogotá.

¹ Augusto Espinosa Silva. 2º ENCUENTRO INGENIEROS DE SUELOS y ESTRUCTURAS PILOTES EN LA CIMENTACION SOBRE SUELOS BLANDOS SOBRE SUELOS BLANDOS

Aprovechando los conocimientos y la experiencia del Ingeniero Civil Augusto Espinosa Silva², Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Colombia, y M.S. de la Universidad de Illinois, quien ha desarrollado su amplia trayectoria en suelos y geotecnia, buscamos profundizar en el proyecto de las Residencias El Parque, - mas conocido como TORRES DEL PARQUE- el cual presenta una innovación no solo en el método sino en la misma composición de la cimentación, ya que está conformada por caissons, los cuales, se presentan inclinados, en la parte periférica de la cimentación, y en la parte central son verticales, comportándose como una gran pata de elefante o campana, y que el ingeniero Antonio Páez, encargado del diseño estructural, logra resolver de manera eficiente los problemas que en su momento planteaban los expertos en suelos.

“Llevar a cabo un análisis de Las Torres del parque obliga primero a descifrar el proceso de concepción del proyecto, y así aproximarse a su “reconstrucción”. No se trata de contar cómo es el edificio, sino más bien asomarse a los problemas que tuvieron que ser resueltos en su desarrollo.



Fig.1 elevación torres del parque. Proyecto para el metro

Fuente: revista Proa No. 336 pág. 56 pagina de estudiantes



Fig.2 Foto torres del parque.

Fuente: Revista Arquitecturas No.2/99 pág. 6.

El proceso de diseño dio comienzo cuando Jesús María Marulanda, entonces miembro de la Junta Directiva del Banco Central Hipotecario, llamó a Rogelio Salmona - debido a su experiencia en el proyecto para a Asociación Cristiana de la Vivienda al sur de la ciudad-, para desarrollar un proyecto de vivienda de carácter social en un lote contiguo al Circo de Toros. La intención del banco respondía a la política de densificación que existía en Bogotá, que proponía el retorno de la familia tradicional al centro de la ciudad, partiendo de la realización de grandes proyectos de vivienda. De aquí surgieron edificios como las Torres de Fenicia. Las Torres Blancas, las Torres Jiménez de Quesada -tres conjuntos que reflejan los modelos arquitectónicos más comunes del momento-, y Las Torres del Parque, todos ellos localizados sobre a periferia del centro antiguo.”³

² Augusto Espinosa Silva graduado de la Universidad Nacional de Colombia como Ingeniero Civil, con maestría en la Universidad de Illinois en suelos, acababa de regresar por esa época al país y trabajaba como ingeniero interventor en la construcción del hotel Hilton.

³ Revista Arquitecturas No.2/99. Pág., 32-46.

LA ENTREVISTA

Abordamos al ingeniero Augusto Espinosa, con la solicitud de que nos haga un recuento sobre la construcción de la cimentación de las Torres del Parque....

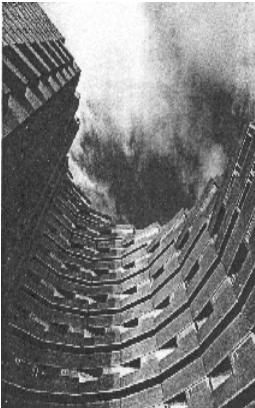


Fig.3 Foto torres del parque.
Fuente: Revista Arquitecturas
No.2/99 pág. 33

AE: El edificio de las Torres del Parque se construyó por allá en los años 72 y 73, el proyecto arquitectónico fue del doctor Rogelio Salmona, la promoción del proyecto fue del Banco Central Hipotecario, y en su momento ellos hicieron un concurso para la construcción y el concurso para la construcción se lo adjudicaron a Pizano Pradilla Caro, que hizo una de las torres, a Esguerra, Sáenz, Urdaneta y Samper que hizo otra de las torres, y en este momento no recuerdo el tercero...ahora, estos tres constructores, digamos que se pusieron de acuerdo en cuanto a métodos y aplicación de acabados etc. etc. de tal manera que los edificios tuvieran una armonía de conjunto sumamente grande, hasta el punto de que el proyecto es definitivamente uno de los proyectos mas armónicos, arquitectónicamente hablando, es uno de los hitos urbanos de la ciudad, sin lugar a dudas.

Cuando vino la construcción hubo algo que fue, sumamente interesante y es que había un concepto negativo sobre el lote dado por un experto internacional; qué había dicho que el lote, digamos, esta es la carrera quinta, cierto, y aquí esta oriente, y aquí esta occidente este era el lote, y el lote era un potrero en ese momento, y el experto internacional lo que había dicho es que había un peligro de deslizamiento en el lote que haría que cualquier cosa que se construyera en él, pues terminaría abajo, ya sea digamos por esta superficie de falla o por esta superficie de falla, pero de todas maneras, lo que ellos pensaban en ese momento era que el lote iba a moverse de esa manera, lo cual realmente pues era como una apreciación un poquito arriesgada, un poquito aventurada, porque en realidad ellos, quizás en ese momento no conocían que debajo estaban las rocas de la arcillolita de la formación Bogotá (Ver fig. 1), que la formación Bogotá es esta arcillolita rojiza o violácea o morada abigarrada, que es típica sobre la cual están parados todos los edificios de esta zona de la ciudad o sea sobre la formación Bogotá están en su orden: el edificio de la torre de Colpatria, el edificio de Seguros Tequendama, el edificio del Hilton, el edificio de... digamos que casi todos esos edificios grandes que se hicieron en una misma época, todos los de este sector, este sector de.... cómo es que se llama? Del Centro Internacional, y esos edificios se cimentaron todos sobre la formación Bogotá.

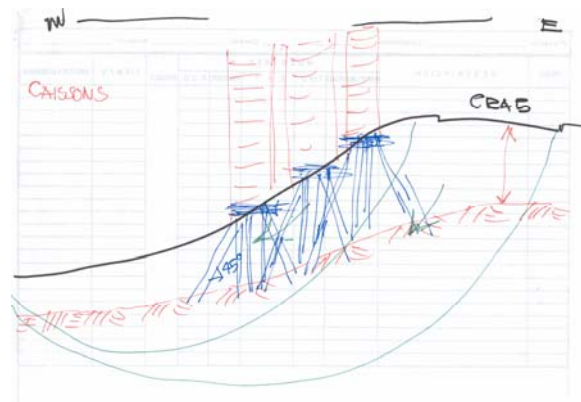


Fig. 4
Estado del terreno
Líneas de falla
Formación Bogotá
Cimentación

La formación Bogotá no está en la superficie, la formación Bogotá, cierto, debe aparecer a una cierta profundidad y esto que estoy dibujando en rojo es el afloramiento de la formación bogota allá abajo. (Ver fig. 1)

MP: ¿Qué profundidad tiene?

AE: Como quince o veinte, o menos. Inclusive en la Universidad Javeriana que fue donde le hicieron el atentado al señor Rafael Reyes cuando era presidente de la República en esa época se llamaba... esa zona se llamaba Barro Colorado y quedaba en las afueras de Bogotá, y el Barro Colorado era porque la formación estaba en la superficie y hoy día un poquitico al norte del Parque Nacional, uno encuentra la formación Bogotá prácticamente en la superficie, aquí, pues la encontraba un poquito mas honda, pero tampoco es mucho o sea, cuando nosotros hicimos los estudios para el Puente de la Quinta, de la Cra. 5° con la 26, nosotros hicimos los estudios para hacer la recuperación del puente, y el refuerzo sísmico y encontramos la formación Bogotá, muy superficial. Yo cuando niño, yo me acuerdo haber visto la piloteadota haciendo los pilotes del puente de la Cra 5, y entonces, me acuerdo eso si, la memoria es vívida en ese momento, yo me acuerdo de haber visto el barro rojo, que sacaba la piloteadota. Después, cuando ya digamos fui viejo y estudié ingeniería y demás, entonces dije yo: "ese barro rojo que yo recuerdo haber visto era la formación Bogotá".

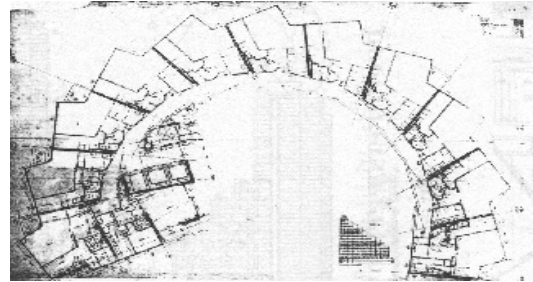


Fig.5 plano de una de las torres.
Fuente: Revista Arquitecturas No.2/99 pág. 39.

Entonces ahí aparece la formación Bogotá, de manera pues, que apareciendo la formación Bogotá que es un material duro; no es, digamos una roca como la roca arenisca, que sería la formación Guadalupe que forma los cerros de Guadalupe, Monserrate, El Cable etc. etc., no es tan dura como esa roca pero si es una roca relativamente importante, y allá pues como decíamos se pararon esos edificios, sin embargo tiene la posibilidad de que si uno la corta, pues hay un derrumbe y ha habido derrumbes en la Formación Bogotá en algunos otros barrios de la ciudad. Entonces...

Dada la situación, entonces el Doctor Saltona, pues planteó unas torres altas aquí tal vez eran tres torres, cierto, o por lo menos son tres torres que forman una unidad digamos alrededor de un semicírculo, y entonces esas torres tenían una cierta altura. No te sabría decir en este momento que altura tenían, pero eran como 25 pisos o algo de ese estilo... y entonces el ing., de suelos era Antonio Páez Restrepo que era el Ingeniero de suelos que entonces dominaba el mercado de los suelos en la ciudad de Bogotá y que hizo los estudios de suelos del Hilton, y que hizo el estudio de suelos del Edificio de Colpatria y el estudio de suelos de seguros Tequendama y que hizo, bueno, la gran mayoría de los estudios de aquel entonces.

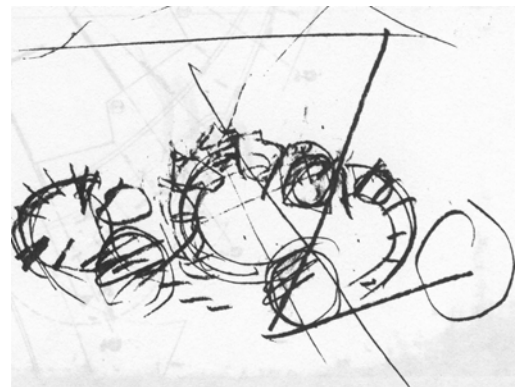


Fig. 6 Boceto del segundo anteproyecto que define las tres torres.
Fuente: Revista Arquitecturas No. 2/99 Pag 35

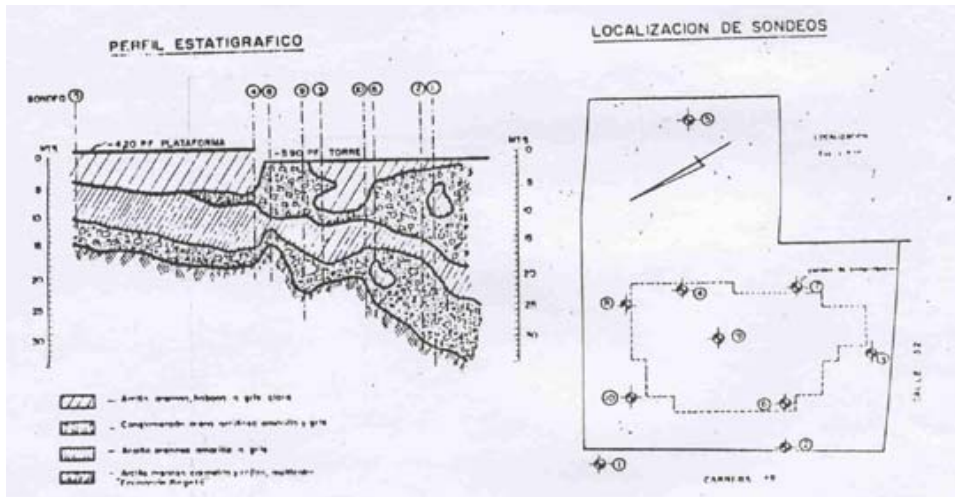


Fig.7 perfil estratigráfico Edificio Hotel Hilton
 Espinosa Silva Augusto, 2 encuentro de ingenieros de Suelos y Estructuras Esp. 1993.

Entonces, había cuenta de que había una posibilidad de derrumbe en la zona, entonces el doctor Antonio Páez que había sido la persona que había importado los caissons como solución de cimentación traída de México, donde los llaman pozos indios.

Los caissons...la realidad es que los caissons venían de Chicago, la solución de cimentación de Chicago tradicionalmente había sido caissons y entonces esa la habían importado a México, y en México los llamaban pozos indios y nosotros los trajimos aquí e hicimos una cantidad de construcciones con ese sistema que era digamos un sistema manual que permitía bajar manualmente con unos aparatos de gran diámetro hasta una determinada profundidad, o sea, se bajó hasta... Seguros Colpatria tiene... el edificio de la torre de Colpatria está probablemente a 52 m de profundidad o algo así, y eso es, bajado a mano, excavado a mano. Entonces el Dr. Antonio Páez dijo, pues vamos a tener que inventarnos un sistema de caissons que nos permita bajar allá y que nos dé la garantía de que no se nos vá a derrumbar el suelo por debajo, y entonces a él se le ocurrió lo siguiente:

Los caisson centrales de las torres iban verticales digamos así, y los caissons laterales de las mismas torres iban inclinados de manera que, bajo el conjunto de edificios, lo que se creaba era una especie de pata de elefante mucho mas grande, o sea el área cubierta por esos elementos excavados a mano era bastante mas grande.

Eso era desde luego una invención del doctor Antonio Páez, una innovación que no se volvió a hacer nunca. Y que en ese momento dió muy buen resultado. Pero entonces, claro, hubo necesidad de resolver el problema de excavar en forma inclinada unos caissons que normalmente se habían hecho verticalmente con grúas que recogían el material abajo y subían verticalmente dentro del pozo y salía la tierra.

MP: Qué ancho tenían esos caissons?

AE: Yo bajé en uno de esos. Yo creo que era como 1.80 de diámetro, algunos eran más delgados pero al ser inclinados la cosa era más difícil. Entonces el doctor Páez que era muy ingenioso y realmente no lo paraba nadie en la solución de los problemas que el concebía se invento un sistema de minería para excavar los caissons, y el sistema de minería que se inventó era fundamentalmente el siguiente, digamos, hagamos una sección alrededor de un caisson típico, inclinado, ah bueno, la inclinación del caisson pues yo en este momento no sabría decir cuanto era pero era del orden de 45 con la horizontal, o sea eran unos

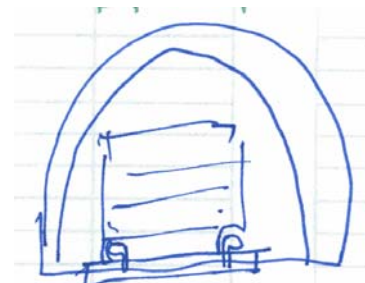


Fig. 8 Boceto del método de acceso al Caisson.

Fuente: Bocetos Ing. Augusto Espinosa entrevista con el autor ago.2004

caisson bastante inclinados uno diría que para efectos de lo que te voy a contar ahora debían ser mas inclinados pero no podía ser posible, entonces Antonio se inventó que él hacía los anillos, los mismos anillos de recubrimiento para los caissons en concreto, pero la novedad es que utilizó una vagoneta de minería montada sobre rieles de minería, de manera que aquí estaba el riel, con sus traviesas, cierto, y todas las de la ley, y montó encima de eso unos carritos de minería también y carritos de madera que subían y bajaban halados por un malacate en forma inclinada, los carritos tenían un gancho en la parte de arriba y entonces apenas llenaban los obreros el carrito con el material lo halaban allá arriba, y arriba lo desocupaban y luego lo volvían a bajar, ahora, eso yo me imagino, no tengo una comprensión cabal de cuanto se demoraron haciendo esos caissons pero debió ser demoradísimo. Pero de todas maneras era una manera de hacerlo mas o menos mecanizada

MP: ¿Los caissons eran circulares?

Probablemente eran en herradura, cierto, para poder hacer el caminadero de los carros y eso sí, era una parte inclinada o en arco semicircular, de tal manera que ahí bajaban los carritos, y el sistema funcionaba bastante bien y uno cuando quería bajar en el caisson, yo bajé varias veces por invitación de Antonio Páez;

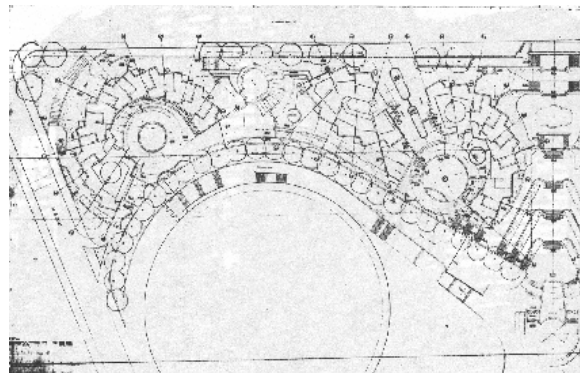


Fig. 9 Planta de localización del proyecto
Fuente: Revista Arquitecturas No.2/99 pag.37

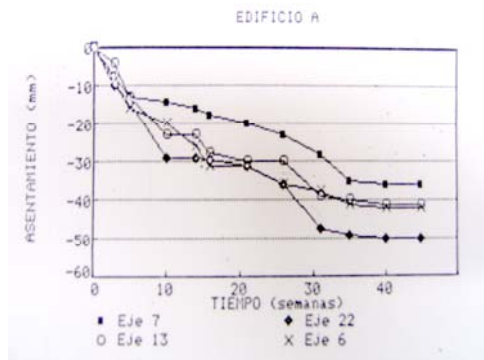


Fig.10 Banda de asentamientos Edificio Hotel Hilton
Espinosa Silva Augusto, 2º encuentro de ingenieros de Suelos y Estructuras Esp. 1993.

Yo en ese momento era Ingeniero Residente de la Interventoría en el Hilton y entonces, como yo acababa de llegar de hacer mi especialización en suelos en la Universidad de Illinois, entonces, Antonio me invitó a que fuera a mirar, cierto, y me dijo: camine le voy a mostrar una cosa, me dijo un día, pero... ¿a donde vamos?, ¿qué llevo, llevo botas, llevo casco?, Si. Lleve botas y casco. Entonces yo me fui disfrazado como estaba en la obra y llegamos al sitio y Antonio no me dijo nada ni me explicó nada, sino sencillamente entramos, miramos los caissons inclinados, los carritos, toda la cosa, nos bajamos dentro de un caisson a 20m de

profundidad o 25, hicimos la gimnasia de bajar allá, y luego subir, uno subía por el mismo lazo que bajaba el carrito, uno caminaba pero agarrado del lazo, la cosa era realmente divertida digamos para las personas que no están acostumbradas a caminar entre túneles, pues aquello debía ser tenebroso, a algunos les dá claustrofobia, a mi es que me fascina, de manera pues que yo me sentía absolutamente emocionado en el sitio.

Bueno, entonces, bajamos, miramos toda esa cosa, ahí hicimos la visita y entonces bueno, ya hicimos la visita, y me monte en el carro de Antonio otra vez y Antonio me dejo en el Hilton donde me había recogido y entonces le dije: Hola Antonio, ¿Cuál era el motivo de la visita? Entonces voltea y me dice con una seriedad tremenda me dice: "Augusto cuéntame una cosa, ¿qué sientes en la boca del estomago?".

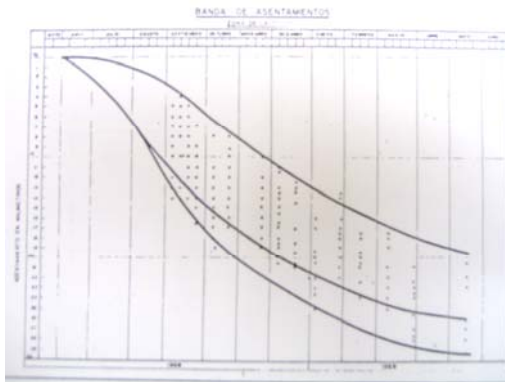


Fig.11 Banda de asentamientos Edificio Hotel Hilton

Espinosa Silva Augusto, 2º encuentro de ingenieros de Suelos y Estructuras Esp. 1993.

elementos verticales pues iba a funcionar extraordinariamente que iba a repartir muy bien las cargas y porque además iba a reforzar lateralmente el macizo rocoso que le había preocupado tanto al profesional de los estados unidos entonces yo le hice esas cuentas y le dije eso debe funcionar sumamente bien eso debe ser una maravilla y entonces Antonio quedo dichoso con la observación me dejo en la obra y nunca volvimos a hablar del asunto y el edificio se comporto maravillosamente desde luego nunca ha habido conato de falla ni nunca ha habido deslizamientos ni posibilidades de nada, además los caissons iban hasta la formación Bogotá y penetraban algo en la formación Bogotá, no sabía en este momento si 5m, y anclado mucho mas abajo de lo que seria la parte alta de la colina en la carrera quinta.

Ahora, hay algo que es muy interesante, todo este embeleco de los estudios sísmicos vino después, en el sentido de que por ejemplo, cuando estábamos haciendo el Hilton, estoy hablando del año digamos 69 talvez o 70 empezaron a llegar los primeros análisis o los primeros consejos sobre como reforzar sísmicamente un edificio. Entonces lo primero que nos decían era que había que ponerle flejes en un montón de sitios al edificio y que había que ponerle flejes en los nudos y que los flejes debían estar no solamente en las vigas sino en las columnas que era mas importante que las columnas se mantuvieran bien en relación con las vigas inclusive porque al fin y al cabo las columnas eran las que sostenían el edificio, no importaba que se dañara una viga, pero siempre y cuando la columna no le pasara nada, entonces, yo alcancé a ponerle algunos flejes adicionales a la torre del Hilton por encima de los que traían los planos en ese momento y lo curioso, digo yo, es que este tipo de solución pues es la solución sísmicamente ideal para un edificio en una situación de colina, por que resulta que después se ha venido a saber que las colinas amplifican el movimiento sísmico, entonces, si uno coge un movimiento sísmico que viene por la sabana plana de Bogotá, y se encuentra en su camino con la colina esta donde esta la torre del parque entonces el movimiento se amplifica, y esto ha sido estudiado mil veces y ha sido modelado en computador y hay toda clase de experiencias sobre ese aspecto. De manera pues, que es muy importante que en una colina como ésta haya un control sísmico muy particular. Entonces en primer lugar los

¿Cómo así? Perfecto, no, maravilloso, pero ¿porqué me haces esa pregunta? Me dijo: Es que una persona educada en estos trajines de la geotecnia, si hubiera sentido susto, inmediatamente le hubiera repercutido en la boca del estomago, entonces yo necesito saber, si sentiste susto o no sentiste, pero si sentiste susto naturalmente, ahora, no es una elucubración la que yo te estoy pidiendo que me digas, es lo que tu sentiste así, naturalmente, y entonces desde luego pues yo salí absolutamente feliz de la excavación de los caissons, me pareció extraordinario, y entonces después le hice una serie de conjeturas sobre como iba a trabajar aquello en el sentido de que unos edificios parados sobre una serie de patas diagonales, inclinadas, mas el núcleo del edificio parados sobre

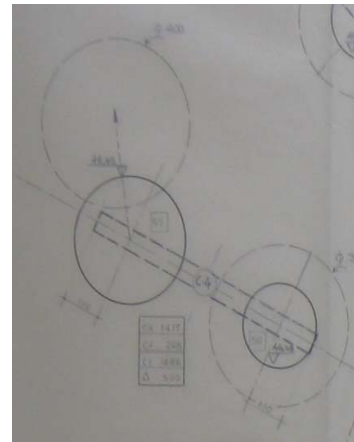


Fig.12 Detalle Plano de la estructura de los caissons.
Fuente: Archivo Parma
Universidad de los Andes

caissons estos inclinados iban a dar una rigidez muy particular a lo que sería el primer piso de cada una de las torres y entonces aquí venía la placa del primer piso yo no sé si en estas torres están al mismo nivel o a un nivel distinto pero no importa, el hecho concreto es que esta placa del primer piso iba a funcionar como un diafragma rígido que desde el punto de vista sísmico es lo que uno busca, con unas patas que además están en condiciones de transmitir la carga en todas las direcciones y esa es la solución, sumamente ingeniosa y sumamente adecuada sobre todo para las predicciones de catástrofe que se habían hecho sobre el lote en un momento dado, lo que se había dicho era que cualquier cosa que se construyera en ese lote iba a dar al edificio del hotel Tequendama.

Eso desde luego no ocurrió o después se hicieron cosas absolutamente increíbles en esa zona, por ejemplo el muro de contención del edificio del banco de crédito tiene como quince o diecisiete o veinte metros de altura, contra la plazoleta frente a la plaza de toros y la torre central todavía más arriba, de manera pues que eso fue una cosa sensacional ahora, como te decía antes este sistema nunca se repitió porque tal vez era muy engorroso después entonces ya vinieron las piloteadoras y vino el pilote preexcavado que tenía que ser vertical entonces el pilote preexcavado desplaza todos los otros sistemas hoy día prácticamente no se hacen caissons en Bogotá.

MP: ¿Pero en esa época no se hacían pilotes aún?

AE: No se hacían pilotes, se hacían los Benoto. El pilote Benoto era un pilote muy complejo de hacer, la fábrica de pilotes Benoto quebró en la década de los 80 yo creo y entonces se conseguían muy pocas piloteadoras, y las máquinas que había traído en su momento Cuellar serrano Gómez -una de las ramas de Cuellar Serrano es Equipos, Andamios y Encofrados que es la que se encarga de los equipos-, en ese momento las máquinas Benoto que habían traído ellos se fueron acabando y fueron desplazadas por estos otros sistemas más modernos, una vez le cogimos confianza a los lodos bentoníticos y ahora más recientemente a los lodos poliméricos, entonces todas esas técnicas anteriores se fueron archivando y hoy día desde luego la construcción ha cambiado mucho, ha cambiado en mecanización, velocidad, en un montón de cosas, inclusive yo digo que el centro de gravedad de la construcción en esa época, estaba en la obra, estaba dentro de la valla de la obra, hoy en día el centro de gravedad está en la corporación, en la entidad promotora, está en el mercado, está en un montón de cosas y realmente los ingenieros hemos pasado casi a un segundo plano en ese sentido, por la modernización y excesiva valorización, del tiempo, de la velocidad, hasta el punto de que las cosas no importa que queden mal o regularmente hechas siempre y cuando estén a tiempo

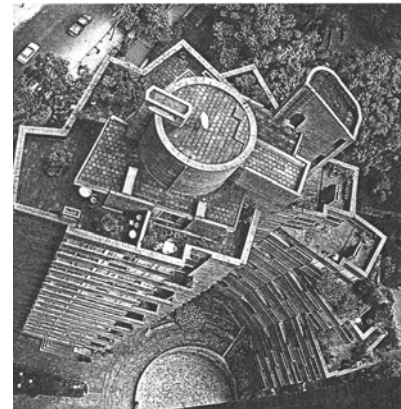


Fig. 13 Vista de una de las torres.
Fuente: Revista Arquitecturas No.2/99

MP: Cuándo uso yo.....de qué depende el usar caissons?

AE: Hay un montón de obras, inclusive yo he hecho muchos caissons después, porque resulta que puede ser que el material duro está muy cerca de la superficie, o sea, digo yo muy cerca es menos de 25 m de profundidad, y en donde las cargas de las columnas son grandes entonces es interesante hacer unas columnas grandes para lo cual los caissons son ideales, y entonces en esos casos, solamente en esos casos es muy interesante usar caissons.

MP. ¿También depende del suelo?

AE: Depende mucho del suelo y depende de que uno pueda hacer el caisson a mano dentro del suelo o sea uno no puede hacer caissons en términos normales en suelos muy blandos por ejemplo los suelos de la sabana de Bogotá. Ahora, como el desarrollo de la construcción en la ciudad ha sido sobre la parte plana últimamente sobre todo o sea de la Cra 7ª o inclusive de la Av. Caracas hacia abajo, ¿cierto? De la autopista hacia abajo, hacia el occidente y al norte de la Calle 100 y al norte de la calle noventa y algo, el desarrollo de la ciudad realmente ha sido en ese vallecito entre la Colina de Suba, La Conejera, y los Cerros Orientales entonces ese desarrollo ha sido en la parte plana. Entonces en la parte plana hay arcillas y esas arcillas son sumamente blandas y esas arcillas no te permiten hacer caissons a mas de digamos cuatro o cinco o máximo 10 m de profundidad, y a 10 m de profundidad todavía no has encontrado la capa portante ó, no has encontrado suficiente resistencia para el edificio ahí, entonces en realidad por esa razón dejaron de hacerse caissons, pero cuando el suelo duro por ejemplo la formación Bogotá, o la formación Guadalupe, o la formación guaduas están a poca profundidad y tiene uno un edificio que tiene cargas importantes y el suelo digamos de los primeros 10 o 15 o veinte metros es suficientemente duro, uno podría hacer caissons.

MP: ¿Este tipo de suelos es que?, una arcilla...

AE: como si fuera un queso, entonces uno hace el caisson como si fuera un queso, prácticamente sin anillos y por ahí se baja hasta seis u ocho metros de profundidad verticalmente sin anillos, que es una belleza, inclusive, en alguna oportunidad yo recomendé que no se hicieran anillos sino el primero para sostener la pared y para evitar que se chorreara el agua o se cayera alguna cosa que venga bajando por la ladera y para sostener la parte de arriba de la excavación y entonces me dijeron y quién se va a meter entre ese caisson, y yo dije pues... yo me meto o sea si hay alguna duda de la estabilidad pues yo soy el primero que baja y entra, en fin... y les dá tranquilidad, y en efectivamente hicimos caissons a no se diez m de profundidad.

MP. O sea, los caissons desde que profundidad, hasta que profundidad se hacen

Pues pueden ser 10 m y máxima profundidad que se ha usado en Bogotá fue la Torre Colpatria que serian como cincuenta y pico, o sea abajo sentía uno no claustrofobia, pero asfixia, falta de oxígeno, entonces hubo necesidad de bajar una máquina que bombeaba aire fresco permanentemente dentro del hueco para efectos de que la gente pudiera respirar, es que era prácticamente una labor de minería y entonces lo que se usaba eran obreros que habían sido mineros, o sea los primeros caissons que se hicieron, se hicieron con obreros que venían de las minas y esas gentes duraban dos y tres meses metidos allá dentro del hueco, cuando salían parecían hormigas de estas amarillas.....por física falta de sol, inclusive había que formarlos para que cumplieran misiones afuera y se asolearan, pero resulta que este trabajo les fascinaba porque era un trabajo mejor remunerado, con mas horas extras, entonces a ellos les fascinaba hacer caissons y en realidad era un trabajo apasionante.

Y en esos caisson si le da a uno vértigo, o sea abajo sentía uno no claustrofobia, pero asfixia, falta de oxígeno, entonces hubo necesidad de bajar una máquina que bombeaba aire fresco permanentemente dentro del hueco para efectos de que la gente pudiera respirar, es que era prácticamente una labor de minería y entonces lo que se usaba eran obreros que habían sido mineros, o sea los primeros caissons que se hicieron, se hicieron con obreros que venían de las minas y esas gentes duraban dos y tres meses metidos allá dentro del hueco, cuando salían parecían hormigas de estas amarillas.....por física falta de sol, inclusive había que formarlos para que cumplieran misiones afuera y se asolearan, pero resulta que este trabajo les fascinaba porque era un trabajo mejor remunerado, con mas horas extras, entonces a ellos les fascinaba hacer caissons y en realidad era un trabajo apasionante.

Estos rieles tienen un nombre- riel de Cobil- y vienen con unas rodachinas, son como carros de balineras, bueno, los carros que se tuvieron eran como carros de balineras, pero desde luego que las ruedas tenían esta situación de tal manera que.... Para que no se saliera, este era el patincito del riel, y aquí venía la travieza, podía ser

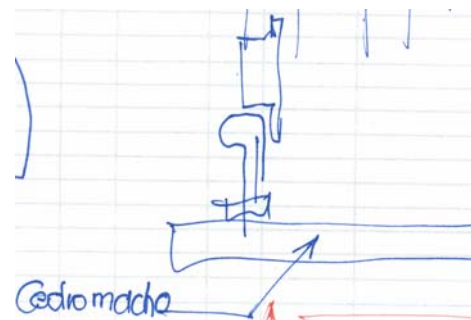


Fig. 14 Boceto del método de acceso al Caisson.

Fuente: Bocetos Ing. Augusto Espinosa en entrevista con el Autor

madera de cedro macho que no gusta tanto a los constructores, porque la madera de cedro macho no se seca se seca muy lentamente, entonces el cedro macho es el ideal para las formaletas, y es el ideal para los cercos, y las repisas y todo lo que uno usa en la obra de estructura porque no se tuerce con el agua, entonces es una madera muy particular. Entonces estas traviesas muy probablemente eran en cedro macho

MP: ¿los caissons se funden con ciclópeo abajo, y hasta cierta profundidad, mando la canasta qué?

AE: Eso es un error típico

MP: ¿Estos estaban también así?

AE: No. Yo creo que los inclinados tenían armadura en toda la longitud pero los caissons de ese entonces no eran armados sino hasta tres metros de profundidad o sea la gran mayoría de los edificios de ese entonces uno los cimentaba sobre caissons y tenían la armadura únicamente hasta tres metros de profundidad porque se supone que..... Digamos lo increíble es que la armadura bajaba únicamente hasta tres metros.

Hoy día el NSR-98 no le permite a uno tenerla así, tiene que ser o total o la mitad como mínimo la mitad del caisson o pilote armado en acero, ahora normalmente uno trata de que la armadura llegue hasta abajo porque eso le da una gran garantía desde el punto de vista sísmico digamos los momentos se alivian muy rápidamente con mas profundidad, el momento sísmico es de este estilo contra la profundidad "Z" del pilote, el momento que es muy alto arriba disminuye rápidamente con la profundidad y entonces uno podría pensar en que no necesita refuerzo, pero el código le exige a uno que por lo menos la mitad de la altura o de la profundidad, digamos $Z/2$ esté armado, en la gran mayoría de los casos, pero en ese momento no. Inclusive algunos ingenieros de suelos en Bogotá recomendaban que no se hicieran vigas de amarre lo cual es una barbaridad, pues queda totalmente suelta la estructura, y no hay el diafragma rígido en el nivel de la cimentación, hicimos muchas barbaridades, pero es que realmente se sabía muy poco, hoy día los sismos que han ocurrido, tanto en Colombia como en el exterior, especialmente el sismo de México en el año 85, ese sismo fue revelador, o sea las cosas que nos contó ese sismo, sobre todo para suelos como el del caso de Bogotá fueron realmente muy importantes los ingenieros que salimos del sismo de México, ya somos otra cosa en comparación con los de antes del sismo de México, y los ingenieros que se graduaron antes, digamos de.... Yo diría que de la década de los 60's, antes de la década de los 60's, inclusive nosotros entre ingenieros, los llamamos ingenieros de cargas verticales porque nunca incluyeron en sus cuentas fuerzas horizontales, o nunca pensaron que podían presentarse fuerzas horizontales, si acaso algo de viento pero de resto por sismo o nada ... si acaso viento, ahora, las primeras recomendaciones de sismos vinieron del código de California que era el CAOC, que vino a Colombia hablaba de una aceleración del 10% o sea eso quería decir que si el edificio pesaba 100 TN uno debería ponerle una fuerza horizontal de 10 TN, y así se diseñaron muchos edificios en la ciudad.

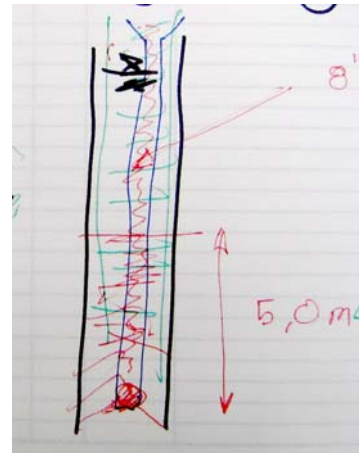


Fig. 15
Boceto de explicación de armadura del Caisson.
Fuente: Bocetos Ing. Augusto Espinosa. Entrevista con el autor

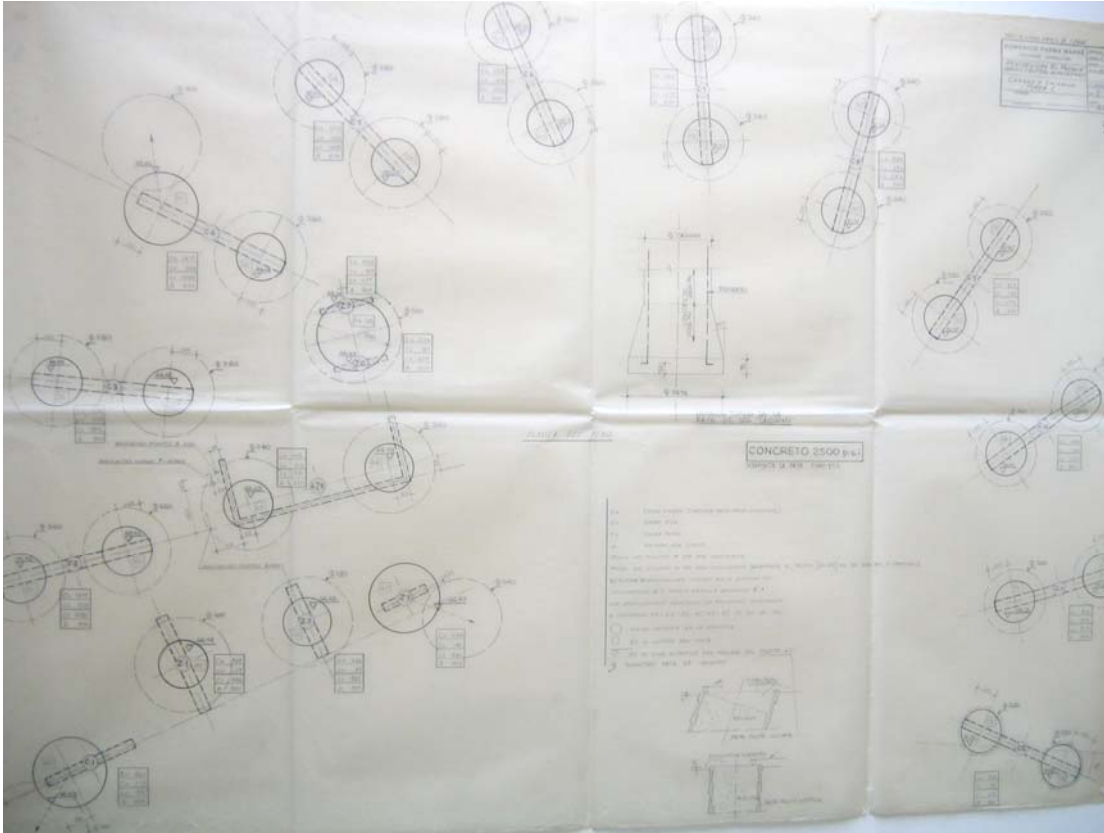


Fig. 16 Plano cargas y caissons torre C.

Fuente: Archivo Parma Universidad de los andes Espinosa

MP: Básicamente la excavación para los caissons se hace sin equipo

AE: Bueno, con grúas y malacate, es manual, inclusive en Chicago, o sea en Chicago los hacen a mano, si uno baja y los inspecciona, les ha pasado toda clase de tragedias en Chicago de mineros atrapados entre un caisson, y en el caso del Hilton, se hizo un caisson muy cerca de un viejo aljibe de una de las casas de la zona del Milton, y resulta que en el viejo aljibe habían llenado con lo que fuera, ... en el caisson que falló encontramos armas y charreteras y uniformes de la guerra civil o vaya uno a saber de que época.....

.... Y entonces ese aljibe estaba lleno de agua y se hizo el caisson muy cerca del aljibe y la presión del agua que había en el aljibe fue suficientemente grande para que al llegar a una cierta profundidad se presentara una falla súbita.... Y en Chicago les han pasado igualitas esas cosas con los caissons que son hechos a mano.

Hoy día tiene uno herramientas mecánicas para hacer caissons hasta de 2.50 de diámetro en el país, entonces con 2.50 de diámetro uno baja a través de cualquier cosa a no ser que se encuentre un piedrón del tamaño de un cuarto.

MP: y hasta qué profundidad baja uno con herramienta mecánica

AE: Nosotros hemos bajado en ciudad salitre hasta 58m, con pilotes preexcavados pero con herramientas tipo balde rotatorio, y va bajando uno y va llenando el hueco con lodos ventoníticos o con lodos poliméricos que le sostienen... esos lodos tienen una densidad que es superior a la del agua y le sostienen el empuje del suelo, y baja uno hasta 58m.

En este momento se que en alguna parte de la ciudad hicieron ya pilotes de 67m de profundidad,

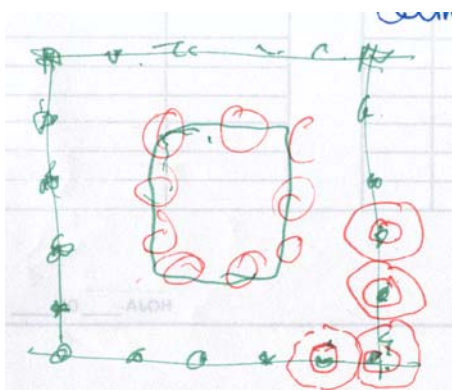


Fig. 17 Boceto de explicación caissons torre Colpatria
Fuente: Bocetos Ing. Augusto Espinosa

Digamos el caisson mas grande que uno podría imaginarse es tal vez los de Colpatria, inclusive todos los caissons se tocan abajo, en el caso de la Torre de Colpatria.

Digamos su planta es cuadrada y tiene las columnas que están en una cortina de concreto exterior a la torre y adentro de la cortina hay un tubo, de concreto de planta rectangular o cuadrada lleno de huecos porque ahí van las escaleras, y van los baños y...

Entonces estas columnas o estos caissons al llegar abajo tenias sus patas, este era el fuste pero la pata era así... de manera pues que prácticamente todos los caissons se tocaban entre si.

Ahora, este edificio de la torre de Colpatria fue hecho o diseñado muy al estilo de las del World Trade Center de Nueva York,

De manera que cuando se cayeron las torres gemelas, muchos de los ingenieros que recordábamos eso como un hito de la construcción mundial y que sabíamos que la Torre Colpatria había sido hecha exactamente con el mismo sistema estructural, que se llamaba un tubo dentro de otro tubo, entonces se suponía que para un edificio alto ese tipo de construcción de un tubo dentro de otro tubo, funcionaba idealmente.

MP. Hasta qué punto hay desagregación del concreto

AE: Hoy día uno hace el caisson y le hace los anillos así o así, Entonces había la duda de que si el concreto se disgregaba al botarlo desde 20m de altura, entonces llegamos a la conclusión de que el concreto no se disgregaba siempre y cuando uno pusiera, el canal que sale de la mixer, siempre y cuando uno le ponga un tablero así, entonces el concreto golpeaba en el tablero y bajaba verticalmente, entonces se vio que la disgregación del concreto era muy poca, al aplicarlo de esa manera.

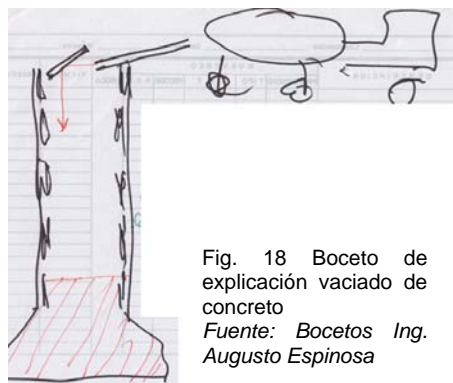


Fig. 18 Boceto de explicación vaciado de concreto
Fuente: Bocetos Ing. Augusto Espinosa

Entonces al llegar abajo pues claro que algunas de las piedritas más gordas, pues iban a bajar, pero entonces iban a reemplazar en el puesto a las que ya se habían hundido entonces al cabo se vio que la cosa no era tan grave y no había disgregación. Eso en cuanto a los caissons. Y se

fundían, realmente lo que uno hacia, uno trataba de fundir, una primera fundida si la cosa era demasiado grande y había demasiado volumen de concreto, fundía hasta el primer anillo, de tal manera que ya quedara la campana de abajo asegurada monolítica con el primer anillo, y después volvía y llenaba lo demás, en concreto. Ahora en los pilotes preexcavados uno baja, llena eso de lodos ventoníticos y mete a través de los lodos ventonítico un tubo tremie que es un tubo trompa de elefante y generalmente lo que se hace es que se mete el tuba, hasta abajo, un tubo como de 20cm de diámetro y uno pone una bola que puede ser una bola de juegos infantiles, una pelota de letras abajo, de tal manera que empieza a llenar el concreto, este concreto es un concreto súper plastificante y súper plastificante y tiene un slump, un asentamiento cerca de 8" lo que lo hace prácticamente líquido, entonces uno echa el concreto, y el concreto como es mas pesado entonces llega abajo, desplaza la pelota , la pelota sale arriba y uno ya sabe que empezó a salir el concreto abajo y entonces uno va sacando el tremie, siempre y cuando la punta del tremie este metida dentro del concreto unos 5m permanentemente para que no haya ninguna posibilidad de rotura del concreto., porque eso pasaba al principio cuando se empezaron a hacer esas cosas, sacaba el tubo muy rápido y se producían unos vacios en el concreto, ...entonces uno saca el tremie y luego de que saca el tubo, como el concreto tiene súper plastificante, entonces mete la canasta dentro del concreto todavía fresco y deja que el concreto se endurezca, ... esa técnica del tremie fue desarrollada para fundir concreto bajo agua,

Los primeros caissons que hizo Antonio tenían los anillos separados, por un espacio que podía ser de 30cm.... La cosa era tan grave, que cuando quedaba la abertura en frente de una grava de un depósito de gravas con agua, pues ahí se metía toda el agua con las gravas y formaban unas cavernas, este sería el primer modelo.

El segundo modelo de caisson era con los anillos verticales, pero claro que tenían el problema de la fundida del anillo entonces había que dejarle unas ventanas para meter el concreto, pero entonces eso era feo, y era difícil de hacer.

Entonces por el camino se le ocurrió a Antonio, los anillos tronco-cónicos que al principio parecía que eran muy difíciles de hacer pero depuse eso fue facilísimo la gente se invento la formaleta, y entonces esto si era el anillo ideal porque le producía a uno el traslapo entre un anillo y el otro y la seguridad de hacer bien el trabajo.

MP: ¿y los que hacían en Chicago como eran?

AE: Verticales, ligados. Los que hacen en chicago son verticales,

MP: ¿y aun los hacen así?

AE: En el banco Grancolombiano eran así (ver figura 13. esquema 1) y hubo fallas de taludes, peligro de que se viniera la calle 14 porque hubo unas cavernas tremendas dentro de los anillos de los caisson porque había unas cavernas terribles,

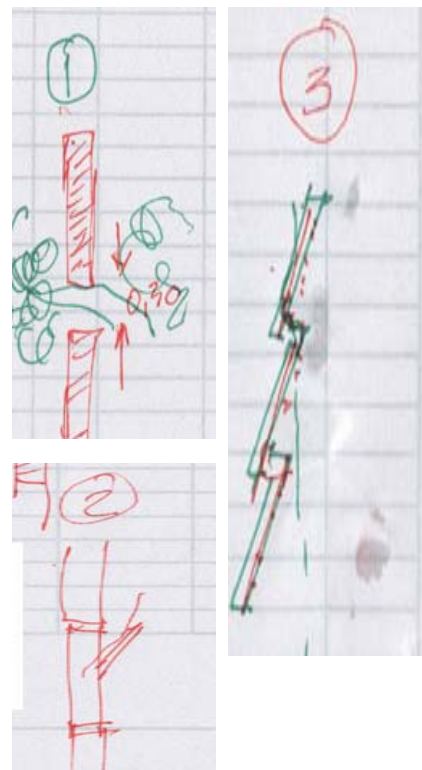


Fig. 19 Boceto de explicación tipos de formaleta caissons
Fuente: Bocetos Ing. Augusto Espinosa

MP: Y los caissons los fundieron como...

AE: Buena pregunta, esos caissons se hicieron con canal con teja de zinc, una canal inclinada. Y el refuerzo seguramente iba hasta el fondo.



Fig.20, 21, 22, 23,24 Proceso de ejecución de un caisson.
Fuente El autor 1992



Fig.25 formaleta anillos caisson.
Fuente El autor 1992



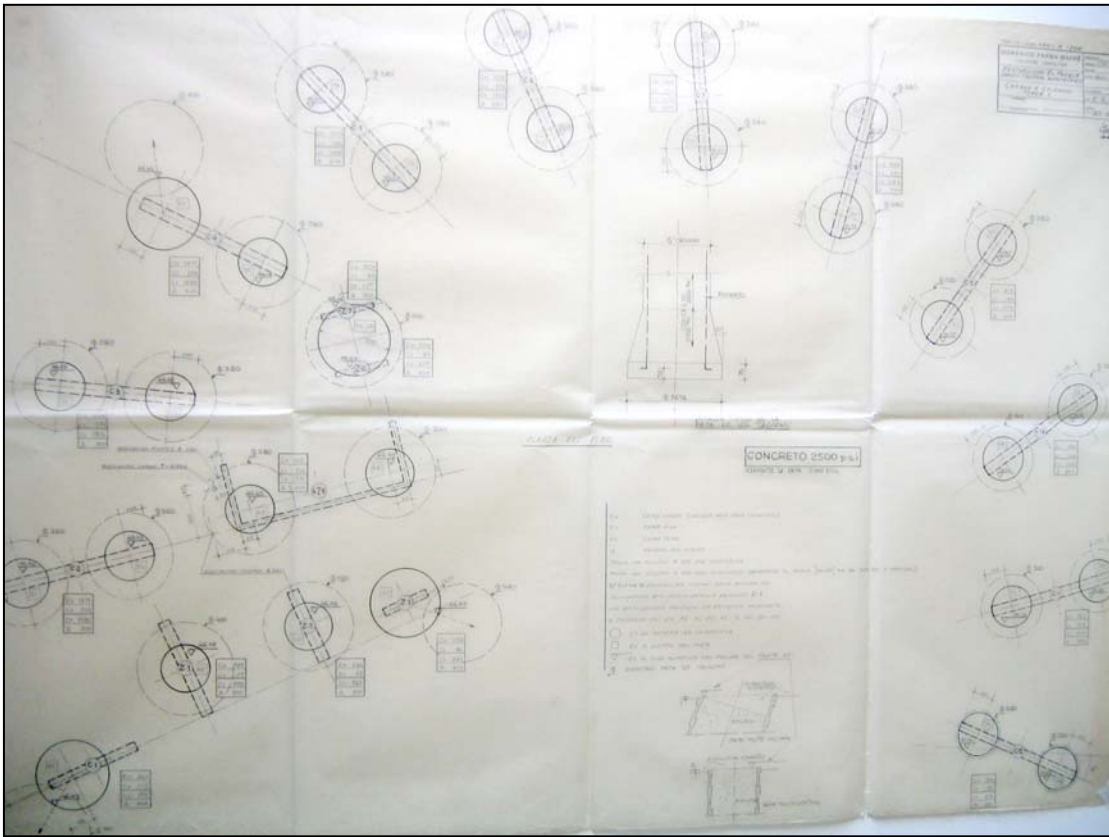
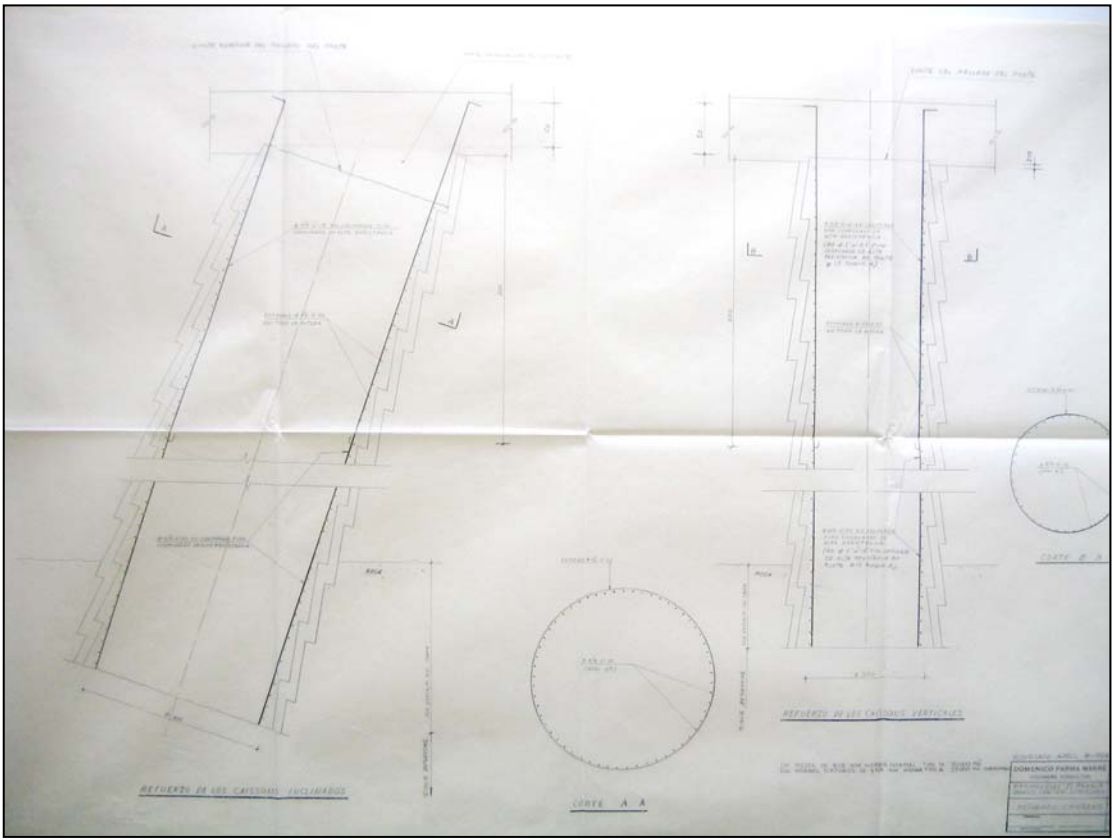


Fig.25, 26 Planos cimentación, Torres del Parque. Fuente Archivo Parma Universidad de los Andes



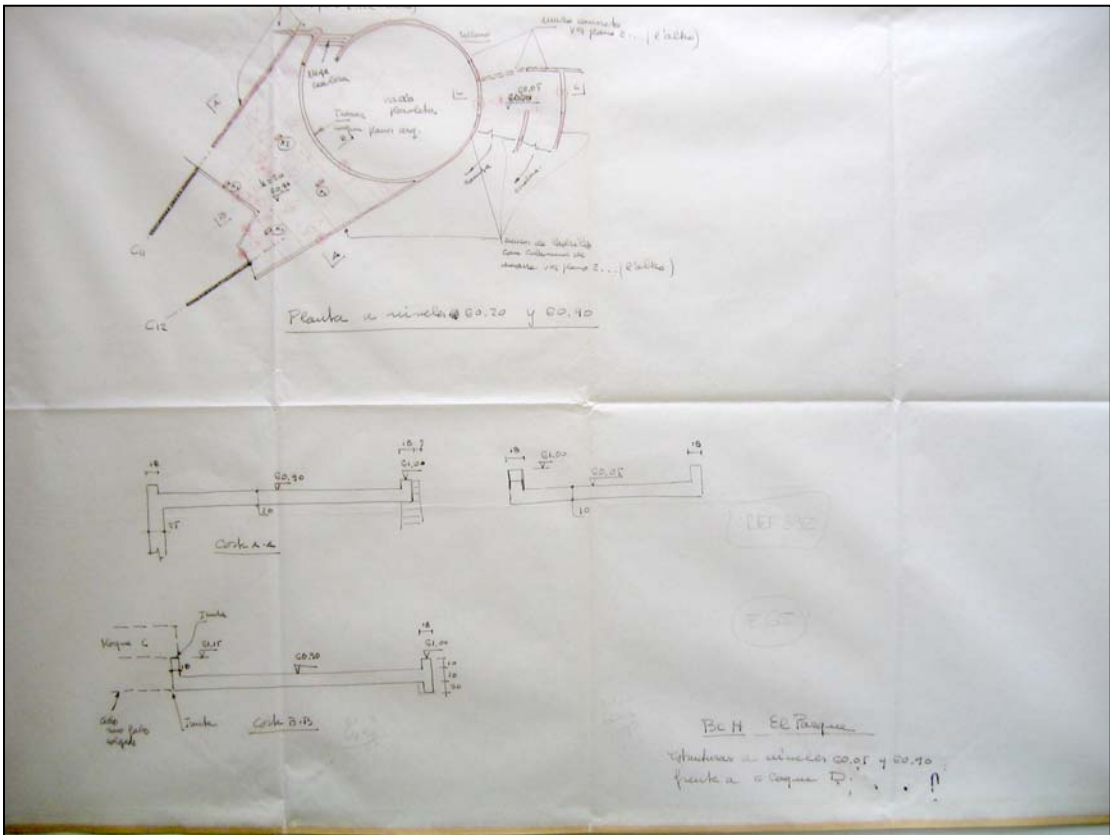
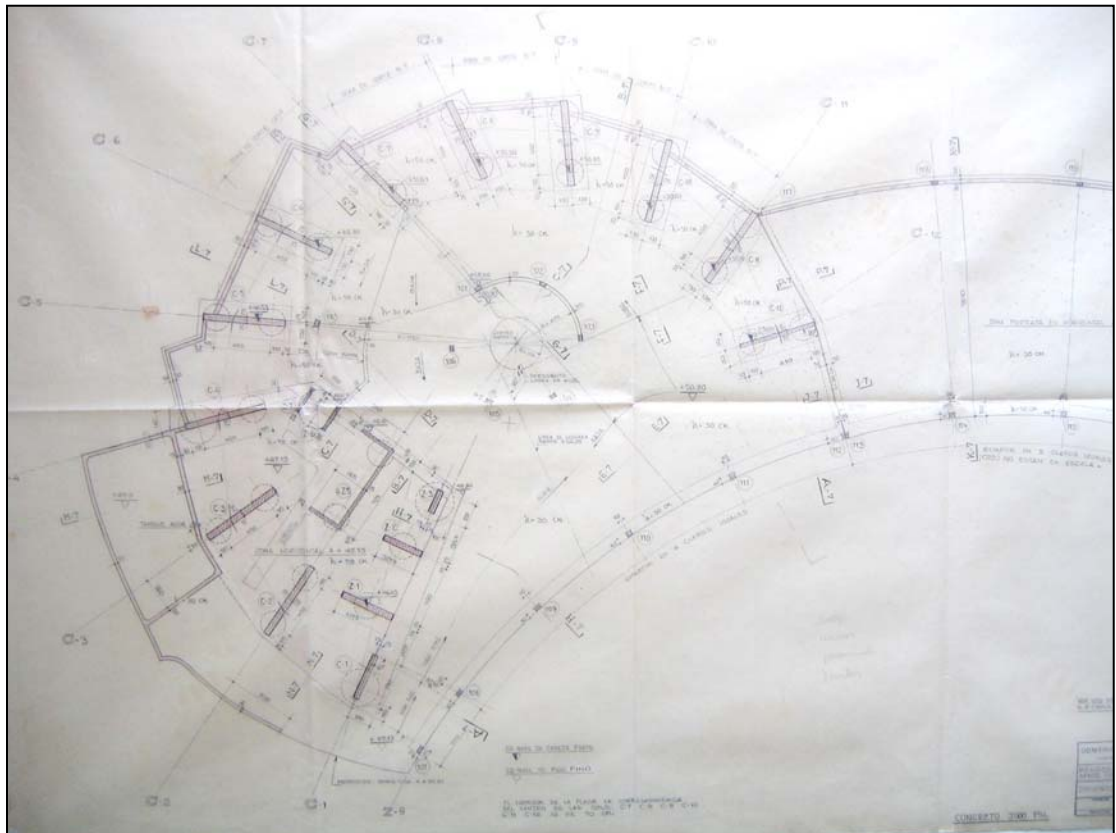


Fig.27, 28 Planos cimentación, Torres del Parque. Fuente Archivo Parma Universidad de los Andes



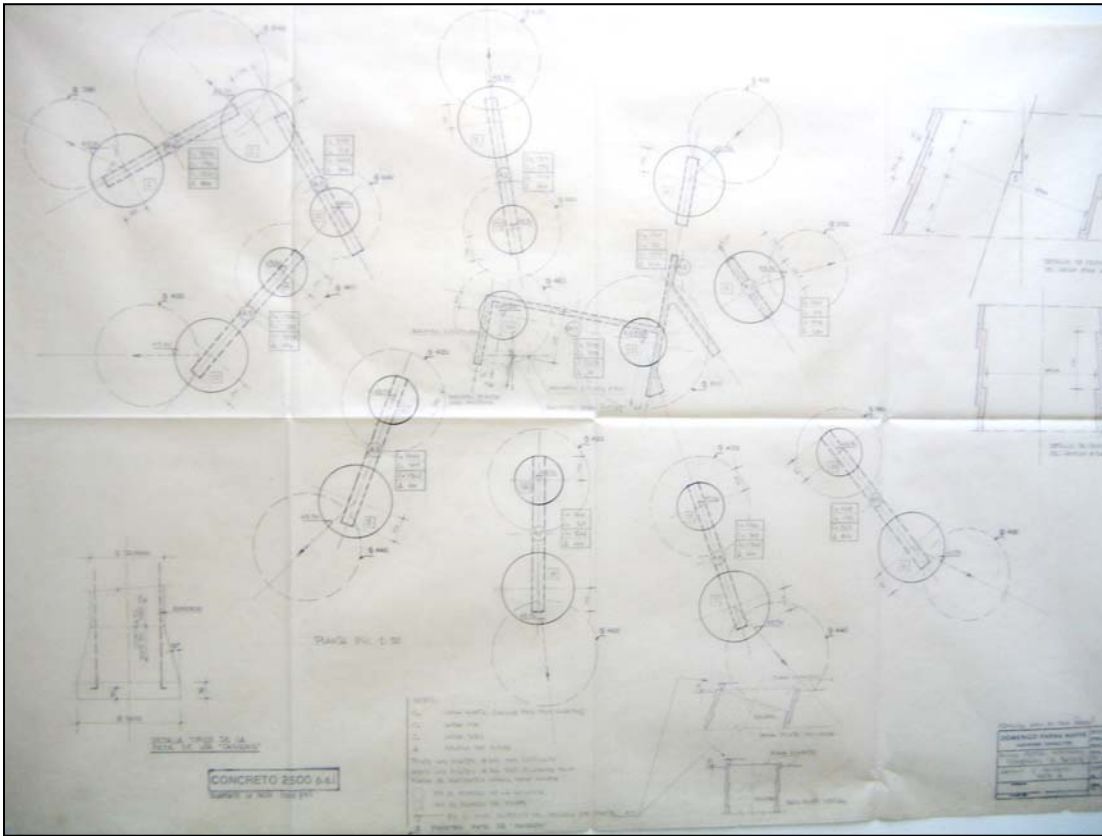
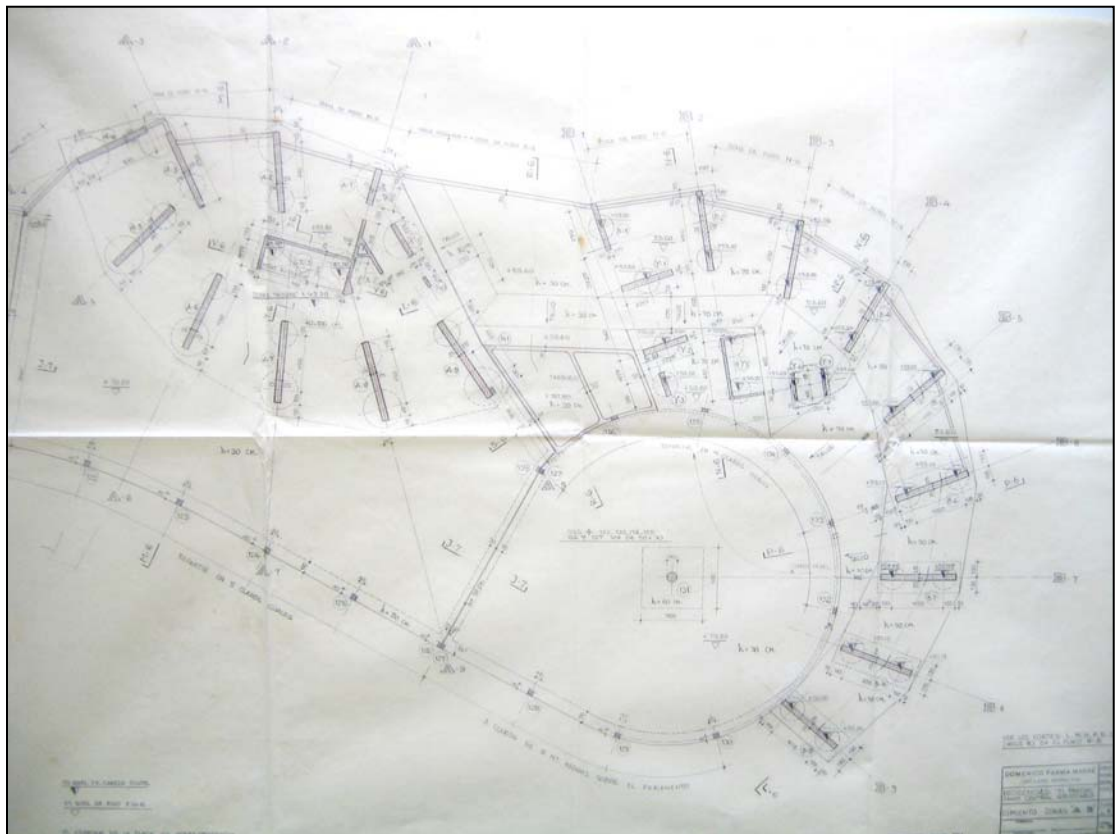


Fig.29, 30 Planos cimentación, Torres del Parque. Fuente Archivo Parma Universidad de los Andes



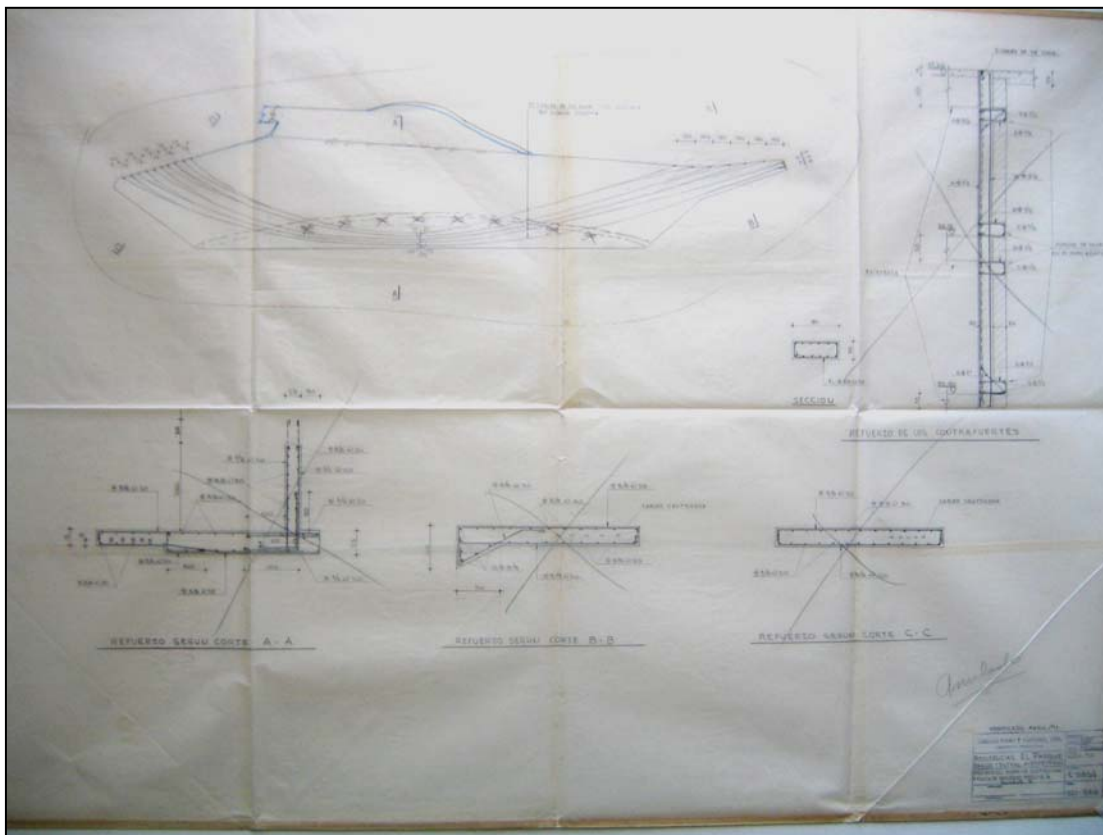
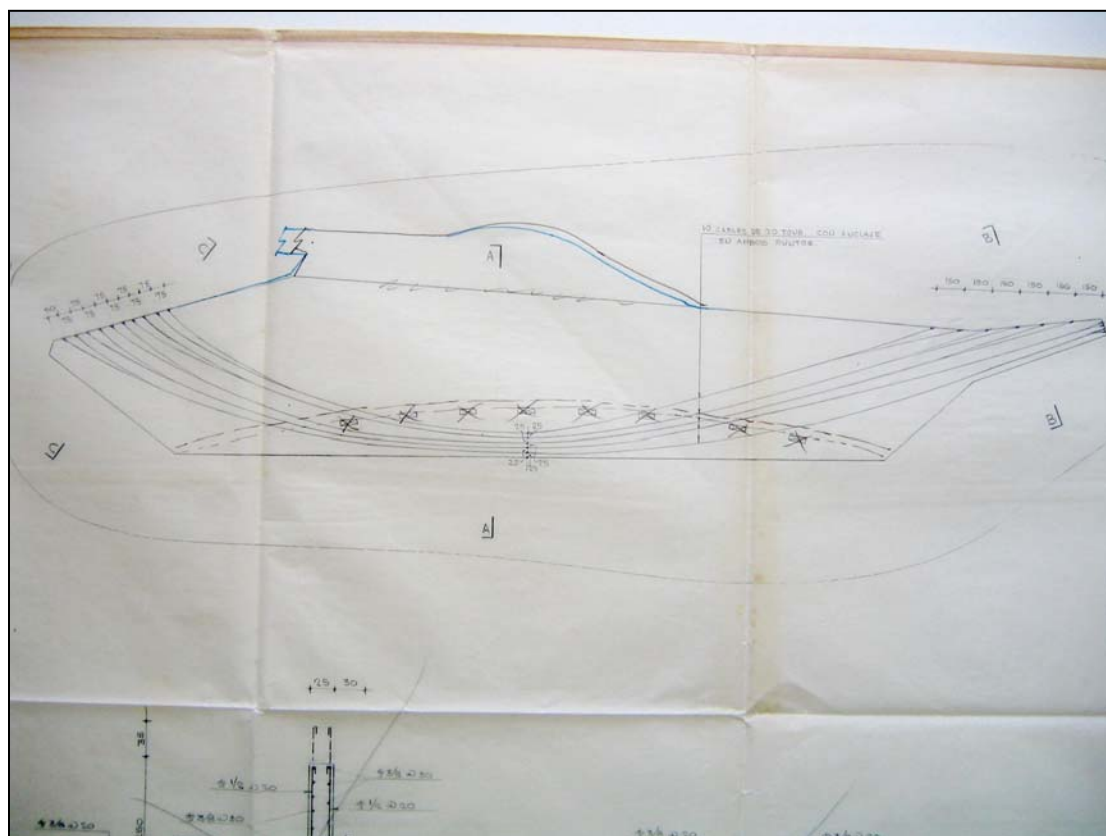


Fig.31, 32 Planos cimentación, Torres del Parque. Fuente Archivo Parma Universidad de los Andes



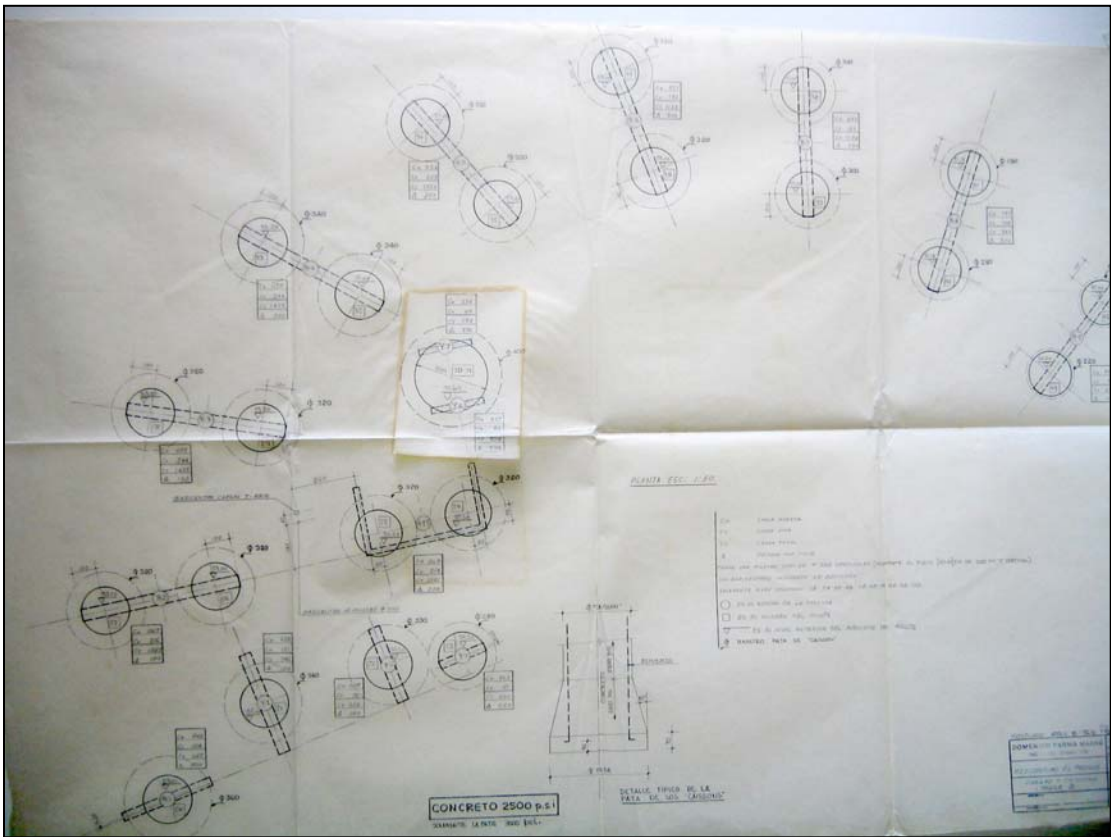
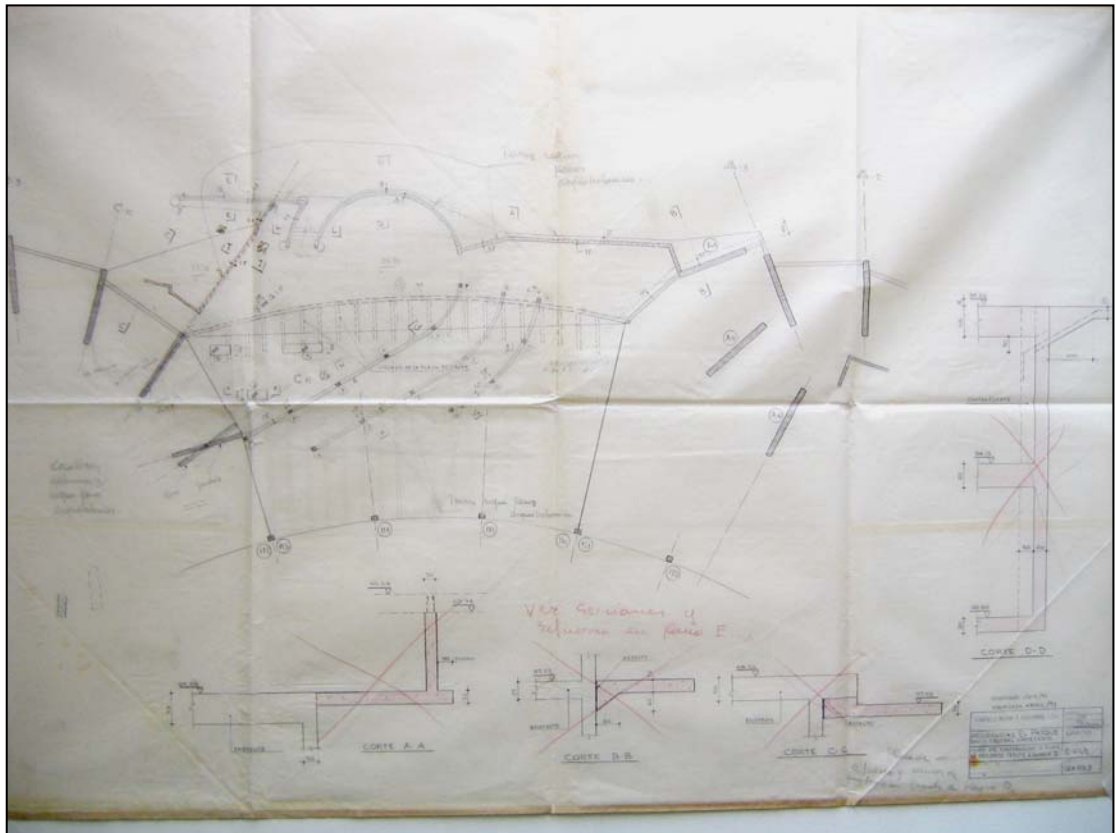


Fig.33, 34 Planos cimentación, Torres del Parque. Fuente Archivo Parma Universidad de los Andes



CAISSONS

Cimentaciones en las cuales no se puede emplear equipos y deben realizarse a mano y profundizar la excavación hasta encontrar un estrato específico.

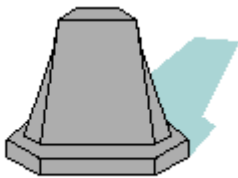


CIMENTACIONES PROFUNDAS

Las cimentaciones profundas son aquellas que, como su nombre lo indica, presentan una profundidad de cimentación elevada (varias decenas de metros). Dentro de esta clase de cimentaciones se encuentran dos grandes grupos:

a) Pilas y caissons

b) Pilotes



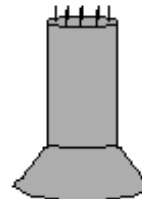
Pila típica de un



Pilas de puentes



Pilotes prefabricados



Pilas de cimentación



Caissons

PILAS Y CAISSONS

Las pilas y caissons son elementos estructurales que presentan una sección transversal considerable (comparada con los pilotes) y que se encargan de transmitir la carga de una sola columna a un estrato que sea capaz de soportarla. La relación entre la profundidad de la cimentación y el ancho de la pila es generalmente mayor que cuatro.

En nuestro medio también recibe el nombre de *pila* el apoyo intermedio de la superestructura de un puente (pilas de subestructura). En la mayoría de casos éstas se encuentran por encima del terreno hasta una altura considerada de aguas máximas en el caso de puentes sobre ríos o máxima en pasos elevados.

Estas pilas no son realmente parte de la cimentación, generalmente se encuentran apoyadas en pilotes.



Existen dos clases de Caissons:

Caissons Estructurales. Son aquellos que hacen parte de la cimentación de una estructura, transmitiendo las cargas a un estrato resistente.

Caissons de Aproximación. Son aquellos que se utilizan para llegar a una zona de trabajo como el de la figura.



PROCESO CONSTRUCTIVO

Para la construcción de pilas se presentan tres procesos constructivos.

El primero consiste en excavar hasta el nivel de cimentación y luego construir una pila dentro de dicha excavación. Cuando la excavación se realiza bajo el agua, el forro de la excavación se denomina ataguía. Los pasos a seguir son los siguientes:

- a) Hincado de tablestacas
- b) Apuntalamiento interior de las caras que se encuentran en seco
- c) Descenso del nivel de agua y apuntalamiento de la zona
- e) figurada del hierro y vaciado del concreto

El segundo método consiste en hincar cajones, cajas o cilindros hasta la profundidad deseada y luego el material interior es extraído por excavación o dragado. El procedimiento es el siguiente:

- a) Construcción del cajón
- b) El hincamiento se lleva a cabo sacando material del interior de ellos, lo que produce que el cajón comience a penetrar en el suelo gracias a su propio peso.
- c) Una vez alcanzada la profundidad final, se introduce el refuerzo y el fondo de la excavación se llena con concreto por medio de un tubo trompa de elefante.

El último método consiste en excavar las pilas con máquinas perforadoras provistas con barrenos. Estas excavan hasta lugares donde el suelo lo permita sin derrumbarse. Una vez se llega a suelos de esta clase se utilizan lodos bentoníticos para llenar la excavación y permitir continuar con la misma. Cuando se alcanza la profundidad necesaria o se llega a un estrato cohesivo, se detiene la excavación y se inserta un tubo llamado camisa (o ademe). Este tubo permite seguir excavando y evitar que el suelo se derrumbe dentro de la excavación. Por último se introduce el refuerzo y se funde el concreto recordando retirar la camisa.

PILOTES

Los pilotes son elementos estructurales más esbeltos que las pilas, los cuales pueden alcanzar grandes profundidades.

Son construidos de diferentes formas, tamaños y materiales (madera, concreto y acero).

Se clasifican dependiendo de su forma de trabajo en:

- a) Pilotes de Punta
- b) Pilotes de Fricción

Los pilotes de punta son aquellos que obtienen la capacidad de carga del estrato que se encuentra en la punta del mismo. Es decir transmiten la carga directamente al estrato donde se apoyan.

Los pilotes que trabajan por fricción obtienen la capacidad de carga del material que rodea toda su superficie. Es decir, debido a la resistencia al corte entre el suelo y el pilote propiamente dicho.



Cabezal de un pilote fundido in – situ



Pilotes prefabricados



Pilotes prefabricados colocados

C.15.11 Pilotes y Caissons-

Se establecen los esfuerzos máximos admisibles sobre pilotes y caissons. La cuantía mínima del refuerzo vertical debe ser 0.005 y su longitud debe ser mayor o igual a la mitad de la longitud del pilote pero 6m. Los estribos serán #3 para (0.75m y #4 para ((0.75m.

La separación de los estribos será de 75mm en la longitud 1.20m superior y de 16d b a lo largo del refuerzo.

De acuerdo con lo anterior es mejor usar barras verticales de diámetros grandes y pilotes con diámetro menor de 0.75m.

C.15.13 vigas de Amarre-

Deben diseñarse de acuerdo con los requisitos del A.3.6.4.2 donde se establece la fuerza axial que debe resistir. Su refuerzo transversal debe espaciarse a $b/2$ pero limitado a 30cm.

C.20 Tanques y Compartimientos Estancos-

Este es un nuevo capítulo dedicado a establecer normas mínimas para el diseño de tanques para edificaciones. Para garantizar la impermeabilidad se limita el parámetro z , definido en C.10.6.4, a 17 MN/m.

Se define el refuerzo de retracción y temperatura de acuerdo con la separación entre juntas según la Tabla C.20-1.

SOPORTES DOCUMENTALES

Fuentes documentales específicas al tema:

- Espinosa Silva Augusto. Ingeniero Civil Universidad Nacional de Colombia. MS universidad de Illinois.

Bibliotecas y centros de documentación consultados:

- CINDU
- ARCHIVO PARMA. FACULTAD DE ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.

Palabras clave utilizadas en la consulta de ficheros de los centros citados anteriormente:

- Caissons
- Cimentaciones profundas
- Residencias el parque

Revistas científicas relacionadas con tema que ha consultado:

- Revista proa No.317
- Revista proa No.318
- Revista proa No.336
- Revista Arquitecturas No.2/99

Artículos de revistas, actas de congresos, seminarios relacionados:

- Código NSR/98
- Espinosa Silva Augusto. PILOTES EN LA CIMENTACION SOBRE SUELOS BLANDOS. Segundo encuentro nacional de ingenieros de suelos. Septiembre de 1993
- Internet. www.elprisma.com