

**PROPUESTA DE MODELAMIENTO ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE
PISCINAS DE HORMIGON ARMADO EN LA REGION DEL ALTO MAGDALENA
MARGEN DERECHA**

**CARLOS ARMANDO BUITRAGO HERNANDEZ
HERNÁN ÑUSTES LOZANO
JORGE MARIO SUAREZ BAHAMON**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
REGIONAL GIRARDOT
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
GIRARDOT
2008**

**PROPUESTA DE MODELAMIENTO ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE
PISCINAS DE HORMIGON ARMADO EN LA REGION DEL ALTO MAGDALENA
MARGEN DERECHA**

**CARLOS ARMANDO BUITRAGO HERNANDEZ
HERNÁN ÑUSTES LOZANO
JORGE MARIO SUAREZ BAHAMON**

**Trabajo de grado presentado como requisito para
optar al título de Ingeniero Civil**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
REGIONAL GIRARDOT
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
GIRARDOT
2008**

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

CONTENIDO

INTRODUCCION	9
1.1OBJETIVO GENERAL.	10
1.2OBJETIVOS ESPECIFICOS.	10
2.GENERALIDADES DE LA ZONA EN ESTUDIO	11
2.1DESCRIPCION Y UBICACIÓN DE LA ZONA.	11
2.2TIPIFICACION DE SUELOS DE LA ZONA.	13
3ESTUDIO DE LA PRÁCTICA CONSTRUCTIVA DE PISCINAS EN LA REGIÓN	16
2.1CONFORMACION DE LA MUESTRA.	16
3.2RESUMEN DE LOS DATOS DE LA MUESTRA.	17
3.3OBSERVACIONES SOBRE LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA.	26
4MARCO CONCEPTUAL PARA LA FORMULACION DE MODELOS ESTRUCTURALES	27
4.1NORMATIVIDAD EXISTENTE.	27
4.2ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES.	28
4.3ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBRA	31
4.4CARGAS DE DISEÑO.	40
4.5COMBINACIONES DE CARGA PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL.	42
4.6MODELOS ESTRUCTURALES.	43
4.7ASPECTOS RELEVANTES DE LOS MODELOS ESTRUCTURALES PROPUESTOS.	46
5ELECCION DE GEOMETRIAS PARA MODELOS ESTRUCTURALES A PARTIR DE LOS DATOS DE LA MUESTRA	47
5.1GEOMETRIAS DE MODELOS DE UNION RÍGIDA FONDO-PARED.	47
6ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LOS MODELOS DEFINITIVOS	50
6.1ACERCA DEL SOFTWARE SAP2000©.	51
6.2PARAMETROS USADOS PARA EL ANALISIS ESTRUCTURAL.	55
6.3ANALISIS TIPO DE MODELO UNION RIGIDA FONDO-PARED.	57
6.4OTROS ANALISIS DE MODELOS UNION RIGIDA FONDO-PARED.	68
7ESTUDIO DE ESFUERZOS EN MODELOS UNIÓN RIGIDA FONDO PARED	69
7.1DETERMINACIÓN EN LAS ESTRUCTURA DE LOS PUNTOS DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS.	69
7.2ESPECIFICACIONES DE ANALISIS Y DISEÑO APLICABLES A LOS MODELOS ESTUDIADOS.	69

<u>7.3RESUMEN DE ESFUERZOS Y DETERMINACION DE CUANTIAS PARA ELEMENTOS EN LA UNIÓN LOSA DE FONDO - PROFUNDIDAD MENOR..</u>	<u>70</u>
<u>7.4RESUMEN DE ESFUERZOS Y DETERMINACION DE CUANTIAS PARA ELEMENTOS EN LA UNIÓN LOSA DE FONDO - PROFUNDIDAD MAYOR..</u>	<u>72</u>
<u>7.5RESUMEN DE ESFUERZOS Y DETERMINACION DE CUANTIAS PARA ELEMENTOS EN EL CENTRO DE LUZ DE LA LOSA DE FONDO.....</u>	<u>73</u>
<u>7.6ANALISIS DE RESULTADOS.</u>	<u>74</u>
<u>8PROPUESTA DE MODELACION DE REFUERZO</u>	<u>75</u>
<u>CONCLUSIONES</u>	<u>76</u>
<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>77</u>
<u>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</u>	<u>78</u>
<u>ANEXO 1.....</u>	<u>81</u>
<u>PROPUESTA DE MODELAMIENTO ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE PISCINAS DE HORMIGON ARMADO EN LA REGION DEL ALTO MAGDALENA MARGEN DERECHA.</u>	<u>81</u>

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA 1. DISCRIMINACIÓN DE PISCINAS PÚBLICAS DE LOS MUNICIPIOS EN ESTUDIO.</u>	<u>16</u>
<u>TABLA 2. GEOMETRÍA DE LAS ESTRUCTURAS QUE INTEGRAN LA MUESTRA.</u>	<u>18</u>
<u>TABLA 3. SISTEMA CONSTRUCTIVO USADO EN LAS ESTRUCTURAS QUE INTEGRAN LA MUESTRA.</u>	<u>20</u>
<u>TABLA 4. GEOMETRÍA DE PISCINAS CON LOSA DE FONDO Y PARED EN CONCRETO REFORZADO.</u>	<u>47</u>
<u>TABLA 5. ANÁLISIS DE VARIABILIDAD DE LA GEOMETRIA DE PISCINAS CON LOSA DE FONDO Y PARED EN CONCRETO REFORZADO.</u>	<u>49</u>
<u>TABLA 6. COMBINACIONES DE DIMENSIONES LARGO/ANCHO PARA MODELOS DE PISCINA CON LOSA DE FONDO Y PARED EN CONCRETO REFORZADO.</u>	<u>49</u>
<u>TABLA 7. COMBINACIONES DE POSIBLES GEOMETRÍAS A USAR EN EL ANÁLISIS DE MODELOS DE PISCINA CON LOSA DE FONDO Y PARED EN CONCRETO REFORZADO.</u>	<u>50</u>
<u>TABLA 8. MODELOS DEFINITIVOS PARA EL ESTUDIO.</u>	<u>50</u>
<u>TABLA 9. DATOS DE ENTRADA SAP200© MODELO UR-01: PROJECT INFORMATION</u>	<u>58</u>
<u>TABLA 10. DATOS DE ENTRADA SAP200© MODELO UR-01: COORDINATE SYSTEMS</u>	<u>59</u>
<u>TABLA 11. DATOS DE ENTRADA SAP200© MODELO UR-01: GRID LINES</u>	<u>59</u>
<u>TABLA 12. DATOS DE ENTRADA SAP200© MODELO UR-01: MATERIAL PROPERTIES - GENERAL</u>	<u>59</u>
<u>TABLA 13. DATOS DE ENTRADA SAP200© MODELO UR-01: MATERIAL PROPERTIES - DESIGN CONCRETE</u>	<u>59</u>
<u>TABLA 14. DATOS DE ENTRADA SAP200© MODELO UR-01: AREA SECTION PROPERTIES</u>	<u>59</u>
<u>TABLA 15. DATOS DE ENTRADA SAP200© MODELO UR-01: LOAD CASE DEFINITIONS</u>	<u>60</u>
<u>TABLA 16. DATOS DE ENTRADA SAP200© MODELO UR-01: ANALYSIS CASE DEFINITIONS</u>	<u>60</u>
<u>TABLA 17. DATOS DE ENTRADA SAP200© MODELO UR-01: COMBINATION DEFINITIONS</u>	<u>60</u>
<u>TABLA 18. DATOS DE SALIDA SAP200© MODELO UR-01: ELEMENT</u>	

<u>FORCES AREA SHELLS.</u>	<u>61</u>
<u>TABLA 19. DATOS DE SALIDA SAP200© MODELO UR-01; ELEMENT</u>	
<u>FORCES AREA SHELLS.</u>	<u>65</u>
<u>TABLA 20. IDENTIFICACION DE ELEMENTOS SHELL PARA EL ANALISIS</u>	
<u>DE RESULTADOS.</u>	<u>69</u>
<u>TABLA 21. ESFUERZOS SIGNIFICATIVOS EN LA UNION LOSA DE FONDO</u>	
<u>PROFUNDIDAD MENOR.</u>	<u>70</u>
<u>TABLA 22. CUANTIAS CALCULADAS Y DE DISEÑO PARA REFUERZO EN</u>	
<u>LA UNION LOSA DE FONDO PROFUNDIDAD MENOR.</u>	<u>72</u>
<u>TABLA 23. ESFUERZOS SIGNIFICATIVOS EN LA UNION LOSA DE FONDO</u>	
<u>PROFUNDIDAD MAYOR.</u>	<u>72</u>
<u>TABLA 24. CUANTIAS CALCULADAS Y DE DISEÑO PARA REFUERZO EN</u>	
<u>LA UNION LOSA DE FONDO PROFUNDIDAD MAYOR.</u>	<u>72</u>
<u>TABLA 25. ESFUERZOS SIGNIFICATIVOS EN EL CENTRO DE LUZ DE LA</u>	
<u>LOSA DE FONDO.</u>	<u>73</u>
<u>TABLA 26. CUANTIAS CALCULADAS Y DE DISEÑO PARA REFUERZO EN</u>	
<u>EL CENTRO DE LUZ DE LA LOSA DE FONDO.</u>	<u>73</u>

LISTA DE FIGURAS

INTRODUCCION

La región del Alto Magdalena margen derecha (Girardot, Ricaurte, Nilo, Agua de Dios y Tocaima, en el departamento de Cundinamarca), por encontrarse en un bosque tropical calido ,se convierte en área turística y de veraneo por excelencia, donde las abundantes viviendas de recreo y centros vacacionales casi sin excepción requieren la construcción piscinas, que en reiteradas ocasiones ni siquiera cuentan con un diseño estructural formal y/o resultan ser diseñadas estructuralmente por los ingenieros de la región basados en sus propios criterios y experiencias obtenidas a lo largo del ejercicio de la profesión, pero sin una unidad de método o criterio, de modo que pueden verse incrementados los costos en la construcción y en el mantenimiento de estas estructuras a causa del sub-diseño o sobre-diseño para soportar las cargas que generan el agua, el suelo y otras fuerzas que interactúan en estas obras civiles.

En el el presente trabajo se tratara todo lo concerniente a la caracterizacion de las piscinas construidas en la región, caracterizándolas según su forma geométrica, capacidad de almacenamiento y sistemas constructivos.

Adicionalmente se desarrolla toda una propuesta de modelamiento estructural basada en los resultados de labores previas de prediseño, consideraciones geotécnicas y aplicaciones de la Norma Colombiana de Construcciones Sismorresistentes NSR-98, que como resultado permiten llevar a cabo el diseño estructural de piscinas y tanques estancos logrando niveles de seguridad aceptables y en todos los casos superiores a los estándares logrados en la región, además de brindar al constructor la confiabilidad, funcionalidad y economía óptimas.

Como aporte final se diseña una guia donde se especifiquen procedimiento, normas, materiales, geometría, características del suelo, resultados del análisis, refuerzos, etc., que servirá de apoyo a los ingenieros para prever errores de diseño en las futuras piscinas construidas en la región.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL.

Proponer el modelamiento estructural para el diseño de piscinas en hormigón armado en la región del alto Magdalena margen derecha.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Delimitar la zona de estudio para el proyecto de modelación estructural de piscinas con el propósito de establecer la muestra de estudio para la realización.
- Realizar la tipificación de los suelos de la región de estudio teniendo en cuenta las memorias realizadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi con el fin de establecer sus características o perfiles estratigráficos.
- Recopilar la normatividad existente acerca del concreto estructural que se presenta en la Norma Sismo Resistente de 1998 con el propósito de establecer parámetros de diseño y especificaciones de materiales.
- Determinar el procedimiento para establecer la modelación estructural en el diseño de piscinas en hormigón armado con el fin de obtener la distribución y cantidad adecuada del acero de refuerzo
- Diseñar y conceder el manual de procedimientos para el diseño de piscinas en hormigón armado teniendo en cuenta la muestra obtenida y los procedimientos técnicos desarrollados en la ejecución de este proyecto.

2. GENERALIDADES DE LA ZONA EN ESTUDIO

2.1 DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DE LA ZONA.

La zona de estudio para el presente proyecto, comprende los municipios de Girardot, Ricaurte, Agua de Dios, Nilo, y Tocaima, caracterizados por ser sitios turísticos por excelencia del centro del país, de allí que se hayan desarrollado proyectos turísticos en los cuales siempre se ven involucradas aguas recreativas (Piscinas).

El municipio de Girardot estratégicamente ubicado en el centro del país al suroccidente del departamento de Cundinamarca en la margen derecha del Río Grande de la Magdalena, distante del Distrito capital a 123 Kilómetros por una excelente carretera con proyección de la doble calzada de donde se pasará de dos a cuatro carriles. Tiene un clima cálido de bosque seco tropical que a dos horas y media de la fría ciudad de Bogotá ofrece un servicio ambiental de sol y temperatura de treinta grados aproximadamente a una altura de 326 metros sobre el nivel del mar con una extensión de 138 km², Girardot cuenta hoy con 120.000 habitantes.

Limita por el norte con Nariño y Tocaima, por el este con Agua de Dios y Ricaurte, por el sur con el Departamento del Tolima y por el oeste con el Departamento del Tolima y Nariño. La mayor parte del territorio es plano ligeramente ondulado; en el occidente presente un relieve montañoso, que corresponde a la cordillera oriental, entre los accidentes orográficos se destaca el Ramal Alonso Vera y los cerros Alto Cielo, Guaraguau, La Pedregosa, La Penonosa, Las Lavadoras y Pan de Azúcar¹.

Otro de los municipios con una oferta de servicios recreativos importante es Ricaurte, que en el año de 1882 tuvo un comercio activo de cigarrillos, aguardiente, caña de azúcar por medio de barcos pequeños debido a que era un puerto fluvial. Este municipio tuvo gran importancia hasta la época en que se trató la construcción del ferrocarril del cual los señores Nieto (Fundadores) no permitieron el paso por sus tierras lo que impulsó el desarrollo de la chivatera que hoy es Girardot y desde entonces comenzó su decadencia y se terminó la navegación por el Alto Magdalena.

¹ www.cybergirardot.com

Después de casi un siglo, prácticamente en una sola administración entre los años 1970 y 1975 se construyó parte del alcantarillado, se pavimentó la calle principal, construyeron las colonias vacacionales, se adquirió la casa municipal que hoy ocupa las oficinas de la Alcaldía. Es así como Ricaurte hoy, es reconocida por sus centros vacacionales ubicados a las afueras y sobre la carretera como lo son, Piscilago Colsubsidio, Club Campestre de Girardot, Club el Puente, Bungalows el Sol, Lago Sol entre otros, lo que supone que Ricaurte está llamada a ser una de las ciudades más importantes de Cundinamarca y que mediante una buena planificación, ubicación geográfica y terrenos de admirable planicie, la favorece en todo sentido, como sitio de recreación turística e inclusive comercial contando con la cooboración de las autoriddes y ciudadanía para no truncar.

El municipio de Agua de Dios, ha recibido este nombre desde lejanos años debido a la bondad de las aguas termales que brotan en el sitio llamado “los chorros”; sin embargo, ha pasado por distintos conflictos territoriales importantes: por ley C18 de 15 de diciembre de 1879 se suprimió y su territorio se agregó a Tocaima. Por ley C No 16 de 17 de noviembre de 1881 se erigió nuevamente con el nombre de Agua de Dios favoreciendo los límites que tenía el 15 de enero de 1873. Por ley 32 de 29 de Octubre de 1928 se creó la dirección general de Lazaretos, a la cual pasó la administración de la que hoy conocemos como Agua de Dios.

Para el municipio de Nilo, sus primeros pobladores fueron los Panches. Por el año de 1627 el oidor Lesmes de Espinosa, en su visita a Tocaima y pueblos de su jurisdicción, mando hacer una iglesia en el hatu de Francisco de Esquivel a orillas del Sumapaz; debian ir a misa los vecinos del valle de Picalá y Fusagasugá. En esa época, habia dos sitios poblados de vecinos: Nilo

Acia el lado de Tocaima y Limones hacia el lado del río Paguey. A finales del siglo XVIII se intensificó la creación de parroquias de blancos y dichos estancieros estaban muy distantes de otros por lo tanto, los del Paguey hicieron iglesia: se erigieron en 1776 y en 1783 se fundo la de Nilo por el cura Francisco Antonio Ruíz, Joaquín de la Cadena y Pedro Gálvez. La iglesia de Paguey vino a llamarse Mesa de Limones, cuyos moradores se trasladaron a Nilo por mandato del 9 de Abril de 1824. Con el tiempo, el pueblo de limones desapareció. La actual iglesia de Nilo se inició el 20 de Julio de 1820 al lado de la primera que existió.

Por otra parte, el municipio de Tocaima, posee 245 km² de territorio cálido, ligeramente ondulado. Riegan sus suelos el río Bogotá y algunas aguas menores. Es una ciudad importante del departamento de Cundinamarca, con buenos servicios públicos, comercio abundante y una gran afluencia de turistas y de grupos de recreación. Situada en el centro de la nación panche, su conquista fue

una de las grandes tareas bélicas y administrativas de los conquistadores, mandados en los primeros tiempos por los capitanes Juan de Céspedes y Juan de San Martín.

Posteriormente correspondió a Hernán Pérez de Quesada, hermano del fundador de Bogotá, el dominio de los panches y la fundación de la ciudad, La que acometió en marzo o abril e 1544. 40 años después se reubica por una inundación que destroza la ciudad. El 17 de febrero de 1548 Carlos V le confirió título real y escudo; la población fue trasladada en 1581 al sitio que ahora ocupa. Tras sucesivas desmembraciones de su suelo, Tocaima pasó por tiempos de prosperidad y deterioro. Ahora es tierra importante, con tierras valiosas, en las que crecen las construcciones para el veraneo y el descanso. Tocaima el llamada “la ciudad salud de Colombia”, porque posee manantiales de aguas azufradas, famosas por sus propiedades curativas.²

2.2 TIPIFICACION DE SUELOS DE LA ZONA.

El reconocimiento general de los suelos y la zonificación de los mismos en el departamento de Cundinamarca fue realizado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi utilizando el sistema taxonómico americano (Soil Survey Staff, 1999). Se presenta un repaso a las características de las unidades o consociaciones encontradas para los municipios en estudio.

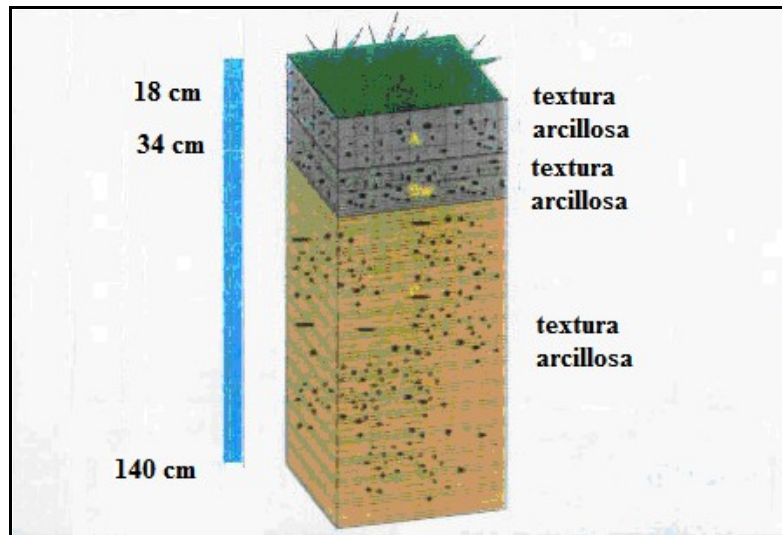
2.2.1 Consociación *Humic Dystrusteps*.

Se encuentra en los municipios de Tocaíma, Ricaurte y Nilo, en alturas inferiores a los 1000 msnm, bajo clima ambiental cálido y seco, temperaturas mayor de 24 °C y precipitación anual entre 1000 y 2000 mm. Son suelos que han evolucionado a partir de rocas clásticas limo arcillosas y químicas carbonatadas. Son bien o moderadamente bien drenados, de texturas moderadamente finas a finas y profundos a muy superficiales limitados por presencia de roca en perfil.

Los suelos *Humic Dystrusteps* presentan una distribución de horizontes A-Bw-C. El primer horizonte profundiza hasta los 18 cm, es de color gris muy oscuro, textura franco arcillosas con 47% de gravilla, estructura de bloques sub-angulares debidamente desarrollados y suprayace un horizonte cambico de color pardo grisáceo oscuro, textura arcillosa con 55% de gravilla, estructura en bloques sub-angulares y espesor entre 15 cm y 20 cm. Finalmente y en promedio a una

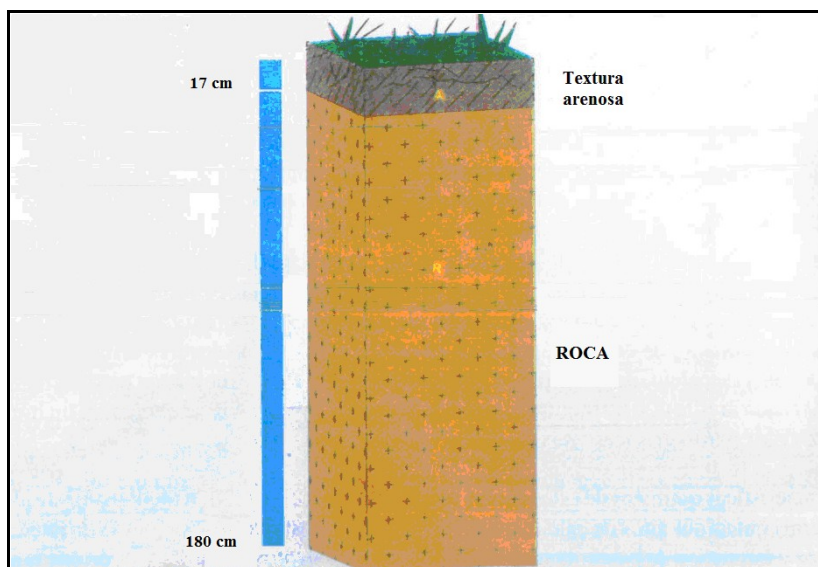
² www.departamentodecundinamarca.gov.co

profundidad de 35 cm, aparece un horizonte C, sin estructura, de color pardo fuerte y textura arcillosa con aproximadamente 20 a 25% de gravilla.



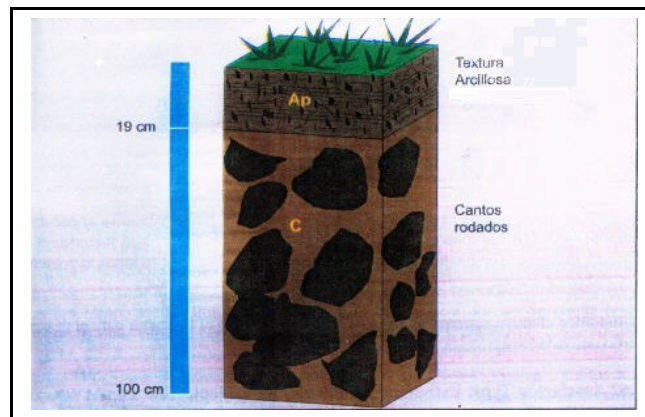
2.2.2 Asociación *Lithic Ustorthents-Entic Haplustolls*.

Esta unidad de suelos se ubica en los municipios de Tocaíma y Girardot. Comprende altitudes inferiores a 1000 m, con clima cálido y seco y temperatura mayor de 24 °C. Estos suelos han evolucionado de rocas clásticas arenosas y químicas carbonatadas, morfológicamente presentan perfiles del tipo A-R. El horizonte A tiene un espesor de 15 a 17 cm, color pardo grisáceo, textura arenosa, estructura en bloques sub-angulares débilmente desarrollada, el cual se encuentra sobre un manto rocoso, duro y coherente.



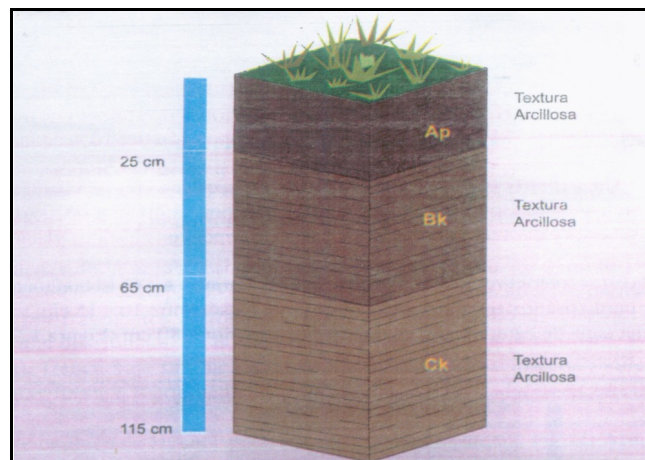
2.2.3 Consociación *Typic Ustorthents*.

Se localiza principalmente en jurisdicción del municipio de Nilo en alturas inferiores a los 1000 m, con clima generalmente cálido seco. Son suelos bien a moderadamente bien drenados. Morfológicamente presentan perfiles de tipo Ap (0-19 cm de profundidad), C (19-100 cm). El primer horizonte es de textura arcillosa con aproximadamente 65% de gravilla y estructura blocosa débilmente desarrollada, el segundo horizonte corresponde a una capa de cantos rodados de espesor desconocido.



2.2.4 Asociación *Typic Calcistolls-Entic Haplustolls*.

Se localiza en jurisdicción de los municipios de Girardot, Narino y Ricaurte, en alturas inferiores a 1000 m. Morfológicamente presenta perfiles de tipo Ap (0-25 cm de profundidad), Bk (25-65 cm) Ck (65-115 cm). El horizonte Ap es de color pardo grisáceo muy oscuro, textura arcillosa, estructura blocosa sub-angular moderadamente desarrollada. El segundo horizonte es pardo, de textura arcillosa y estructura blocosa sub-angular débil a moderadamente desarrollada. El tercer horizonte es pardo, con textura arcillosa y sin estructura.



3 ESTUDIO DE LA PRÁCTICA CONSTRUCTIVA DE PISCINAS EN LA REGIÓN

Como medio para la elección de parámetros geométricos, tipo de materiales y otros que son relevantes en la modelación de estructuras de piscinas, se realizó una encuesta sobre las costumbres constructivas de las mismas en los municipios elegidos.

2.1 CONFORMACION DE LA MUESTRA.

Se tomo como universo de la muestra la cantidad total de piscinas públicas construidas en la región del Alto Magdalena margen derecha. Para determinar el tamaño de la muestra se recopiló datos de fuentes oficiales tales como: Oficina de Turismo, Cultura Recreación y Deporte en el municipio de Tocaíma; Secretaria de Desarrollo Económico municipio de Girardot; Casa del Museo municipio de Agua de Dios; Casa de la Cultura municipio de Ricaurte y Departamento de Planeación municipio de Nilo.

Se opta por recurrir al sistema de muestreo de poblaciones finitas y de esta manera conocer el tamaño de la muestra que se tendrá en cuenta para el análisis del comportamiento estructural de las piscinas de la región de estudio. Los datos del total de piscinas públicas en la región se recopiló recurriendo a fuentes oficiales como Oficina de turismo, Cultura, Recreación y Deporte en el municipio de Tocaíma, Secretaria de Desarrollo Económico en el municipio de Girardot, Casa del Museo municipio de Agua de Dios, Casa de la Cultura municipio de Ricaurte y Departamento de Planeación municipio de Nilo.

Tabla 1. Discriminación de piscinas públicas de los municipios en estudio.

Municipio	No. Piscinas
Girardot	22
Ricaurte	40
Agua de Dios	7
Nilo	8
Tocaima	25
Total	102

Para el cálculo del número total de muestras se aplica la ecuación:

$$n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{N * E^2} + Z^2 * P * Q$$

Donde:

n = número total de muestras.
Z = Porcentaje de confianza.
P = Variabilidad positiva.
Q = Variabilidad negativa.
N = Numero de la población. E =
Porcentaje de error.

Se asigna un nivel de confianza de 95%, por lo que el porcentaje de error (E) a utilizar es de 5%. La variabilidad (negativa y positiva) se le asigna un valor de 0.5, ya que no se presentan antecedentes con relación a este tema de investigación.

El valor de Z se toma a partir de la distribución normal estándar tal que el área simétrica bajo la curva normal desde -Z hasta Z sea igual a 0.95 (95% de confianza), es decir, $P(-Z < z < Z) = 0.95^2$, entonces $Z = 1.96$. Bajo estos parámetros:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 102}{102 * 0.05^2} + 1.96^2 * 0.5 * 0.5$$

n = 80.59 « 81

El formato y contenido de este muestreo se muestra en el anexo 1.

3.2 RESUMEN DE LOS DATOS DE LA MUESTRA.

Para su comprensión y manejo estadístico los resultados de las encuestas se compilan en las tablas 2, 3 y 4, las cuales agrupan los aspectos de geometría de las estructuras, sistema constructivo e intervención profesional en el diseño estructural y la supervisión técnica durante el periodo constructivo de las estructuras de la muestra.

Tabla 2. Geometría de las estructuras que integran la muestra.

Folio	LUGAR	Largo (m)	Ancho (m)	Prof. mín (m)	Prof. máx (m)
1	Agua de dios	18,5	8,00	0,80	1,90
2	Agua de dios	16,5	7,00	0,60	2,00
3	Agua de dios	24,4	12,00	0,70	1,90
4	Agua de dios	24,5	11,00	0,80	1,80
5	Agua de dios	30,0	13,50	0,90	1,90
6	Tocaíma	21,7	11,00	0,85	2,00
7	Tocaíma	11,2	7,50	0,90	1,85
8	Tocaíma	11,9	6,50	0,95	1,90
9	Tocaíma	18,9	10,00	0,80	1,95
10	Tocaíma	15,4	9,00	0,75	2,00
11	Tocaíma	15,6	8,50	0,80	2,10
12	Tocaíma	20,0	11,50	0,85	2,15
13	Tocaíma	16,6	9,00	0,90	1,85
14	Tocaíma	27,1	13,00	0,95	1,95
15	Tocaíma	22,3	9,50	0,70	1,90
16	Tocaíma	9,7	9,00	0,75	2,00
17	Tocaíma	19,9	8,00	0,70	1,95
18	Tocaíma	13,8	7,00	0,80	1,80
19	Tocaíma	17,1	9,00	0,90	2,10
20	Tocaíma	22,7	10,00	0,95	2,05
21	Tocaíma	17,4	9,50	0,80	2,00
22	Tocaíma	18,1	9,00	0,75	1,90
23	Tocaíma	18,5	10,00	0,80	2,00
24	Tocaíma	17,7	8,00	0,60	1,90
25	Tocaíma	18,1	8,50	0,70	1,80
26	Tocaíma	18,7	7,00	0,80	1,85
27	Tocaíma	20,0	9,00	0,90	1,90
28	Girardot	12,7	6,50	0,85	1,95
29	Girardot	18,5	6,00	0,75	2,00
30	Girardot	18,2	8,00	0,80	2,10
31	Girardot	13,5	6,80	0,90	1,90
32	Girardot	11,4	7,00	0,80	2,00
33	Girardot	15,3	6,00	0,75	1,95
34	Girardot	13,2	6,50	0,70	1,80
35	Girardot	17,3	6,00	0,95	2,10
36	Girardot	20,0	7,50	0,75	1,90
37	Girardot	17,6	5,50	0,80	1,85
38	Girardot	17,7	7,00	0,90	1,95
39	Girardot	18,0	7,00	0,85	1,90
40	Girardot	12,4	5,40	0,80	1,90
41	Girardot	16,9	8,00	0,75	1,80
42	Nilo	20,0	11,00	0,90	1,90
43	Nilo	19,5	12,60	0,95	1,95

44	Nilo	20,8	11,00	0,70	2,05
45	Nilo	12,5	5,00	0,75	2,10
46	Nilo	13,7	6,60	0,70	2,00
47	Nilo	11,2	5,00	0,80	1,95
48	Nilo	13,2	5,00	0,90	1,80
49	Nilo	14,6	5,60	0,95	1,75
50	Ricaurte	14,7	5,50	0,80	1,80
51	Ricaurte	13,6	5,50	0,75	1,90
52	Ricaurte	14,3	5,00	0,80	2,05
53	Ricaurte	13,6	7,00	0,60	2,00
54	Ricaurte	17,7	8,50	0,70	1,85
55	Ricaurte	16,7	6,80	0,80	1,90
56	Ricaurte	13,5	6,00	0,90	1,95
57	Ricaurte	13,2	5,50	0,85	1,80
58	Ricaurte	12,7	6,00	0,75	1,85
59	Ricaurte	14,3	6,50	0,85	1,90
60	Ricaurte	13,5	5,90	0,90	1,95
61	Ricaurte	14,1	7,00	0,95	1,90
62	Ricaurte	13,5	6,00	0,80	1,80
63	Ricaurte	15,7	11,50	0,75	1,95
64	Ricaurte	13,8	5,50	0,80	1,95
65	Ricaurte	16,5	5,50	0,85	1,85
66	Ricaurte	13,1	6,50	0,90	1,90
67	Ricaurte	12,5	5,20	0,95	2,00
68	Ricaurte	14,1	6,20	0,70	1,90
69	Ricaurte	19,6	11,00	0,75	2,00
70	Ricaurte	12,7	6,00	0,70	1,90
71	Ricaurte	15,1	6,20	0,80	1,80
72	Ricaurte	15,1	6,50	0,90	1,85
73	Ricaurte	14,1	6,00	0,95	2,00
74	Ricaurte	14,7	6,00	0,60	1,85
75	Ricaurte	15,0	5,50	0,70	1,90
76	Ricaurte	14,4	5,00	0,80	1,95
77	Ricaurte	14,7	6,20	0,90	2,00
78	Ricaurte	14,3	5,00	0,85	2,10
79	Ricaurte	12,7	5,30	0,90	2,15
80	Ricaurte	15,5	7,20	0,95	1,85
81	Ricaurte	14,4	5,50	0,80	1,95

Gráfica 1. Geometría de las estructuras.

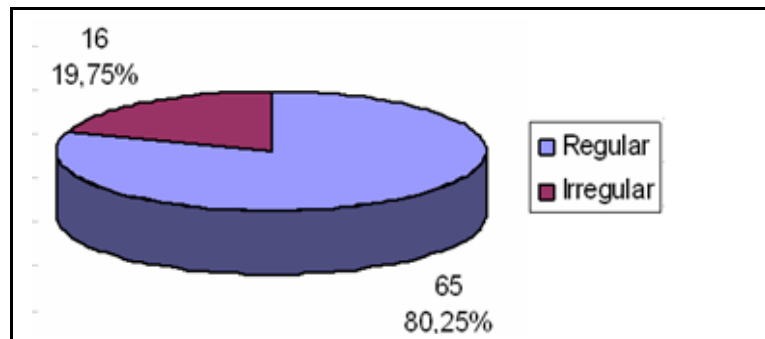


Tabla 3. Sistema constructivo usado en las estructuras que integran la muestra.

Folio	Lugar	Losa de fondo	Paredes
1	Agua de dios	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
2	Agua de dios	CCTO REFORZADO	COMBINADO ³
3	Agua de dios	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
4	Agua de dios	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
5	Agua de dios	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
6	Tocaíma	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
7	Tocaíma	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
8	Tocaíma	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
9	Tocaíma	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
10	Tocaíma	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
11	Tocaíma	CCTO REFORZADO	MAMPOSTERIA
12	Tocaíma	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
13	Tocaíma	CCTO REFORZADO	MAMPOSTERIA
14	Tocaíma	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
15	Tocaíma	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
16	Tocaíma	CCTO REFORZADO	MAMPOSTERIA
17	Tocaíma	CCTO REFORZADO	MAMPOSTERIA
18	Tocaíma	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
19	Tocaíma	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
20	Tocaíma	CCTO REFORZADO	MAMPOSTERIA
21	Tocaíma	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
22	Tocaíma	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
23	Tocaíma	CCTO REFORZADO	MAMPOSTERIA
24	Tocaíma	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
25	Tocaíma	CCTO REFORZADO	MAMPOSTERIA
26	Tocaíma	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
27	Tocaíma	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
28	Girardot	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
29	Girardot	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO

30	Girardot	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
31	Girardot	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
32	Girardot	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
33	Girardot	CCTO REFORZADO	MAMPOSTERIA
34	Girardot	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
35	Girardot	CCTO REFORZADO	MAMPOSTERIA
36	Girardot	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
37	Girardot	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
38	Girardot	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
39	Girardot	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
40	Girardot	CCTO REFORZADO	MAMPOSTERIA
41	Girardot	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
42	Nilo	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
43	Nilo	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
44	Nilo	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
45	Nilo	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
46	Nilo	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
47	Nilo	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
48	Nilo	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
49	Nilo	CCTO REFORZADO	MAMPOSTERIA
50	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
51	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
52	Ricaurte	CCTO REFORZADO	MAMPOSTERIA
53	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
54	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
55	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
56	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
57	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
58	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
59	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
60	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
61	Ricaurte	CCTO REFORZADO	MAMPOSTERIA
62	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
63	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
64	Ricaurte	CCTO REFORZADO	MAMPOSTERIA
65	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
66	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
67	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
68	Ricaurte	CCTO REFORZADO	MAMPOSTERIA
69	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
70	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
71	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
72	Ricaurte	CCTO REFORZADO	MAMPOSTERIA
73	Ricaurte	CCTO REFORZADO	MAMPOSTERIA
74	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
75	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
76	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
77	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
78	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO

79	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO
80	Ricaurte	CCTO REFORZADO	MAMPOSTERIA
81	Ricaurte	CCTO REFORZADO	CCTO REFORZADO

Gráfica 2. Sistema constructivo.

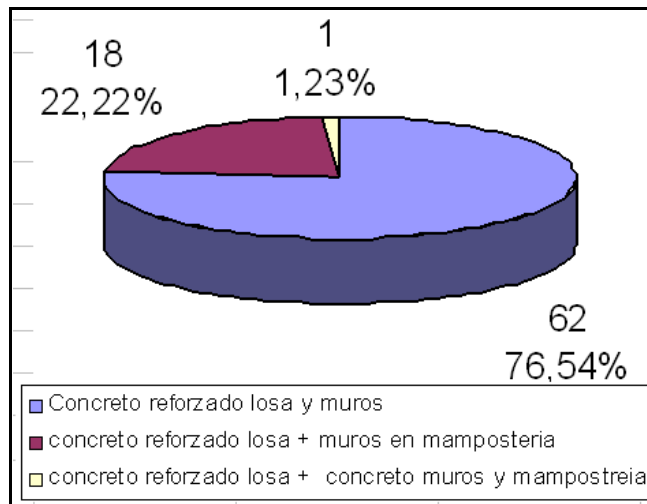
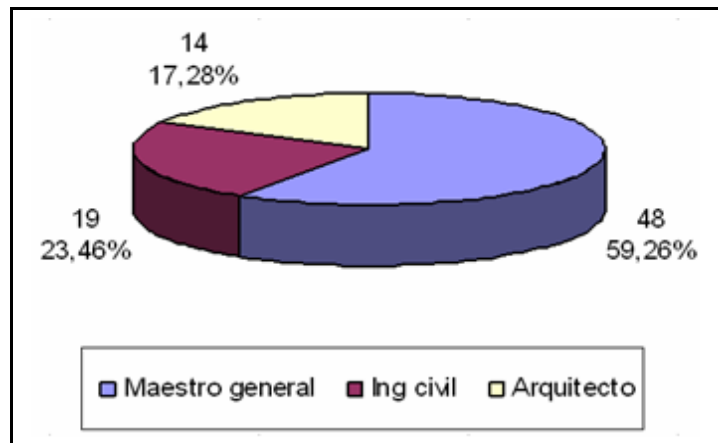


Tabla 4. Participación de un profesional en el diseño y supervisión de las estructuras que integran la muestra.

Folio	Lugar	Estudios de ingeniería	Supervisión de obra
1	Agua de dios	SUELOS-ESTRUCTURAL	ING. CIVIL
2	Agua de dios	ESTRUCTURAL	ING. CIVIL
3	Agua de dios	NINGUNO	MAESTRO
4	Agua de dios	NINGUNO	MAESTRO
5	Agua de dios	NINGUNO	MAESTRO
6	Tocaíma	SUELOS-ESTRUCTURAL	ARQUITECTO
7	Tocaíma	NINGUNO	MAESTRO
8	Tocaíma	NINGUNO	MAESTRO
9	Tocaíma	NINGUNO	MAESTRO
10	Tocaíma	NINGUNO	ARQUITECTO
11	Tocaíma	NINGUNO	MAESTRO
12	Tocaíma	SUELOS	MAESTRO
13	Tocaíma	NINGUNO	MAESTRO
14	Tocaíma	SUELOS-ESTRUCTURAL	ING. CIVIL
15	Tocaíma	ESTRUCTURAL	MAESTRO
16	Tocaíma	NINGUNO	MAESTRO
17	Tocaíma	NINGUNO	ARQUITECTO
18	Tocaíma	NINGUNO	ARQUITECTO
19	Tocaíma	NINGUNO	MAESTRO
20	Tocaíma	NINGUNO	MAESTRO
21	Tocaíma	NINGUNO	MAESTRO
22	Tocaíma	NINGUNO	ARQUITECTO
23	Tocaíma	NINGUNO	ARQUITECTO
24	Tocaíma	SUELOS-ESTRUCTURAL	ING. CIVIL
25	Tocaíma	NINGUNO	MAESTRO
26	Tocaíma	NINGUNO	MAESTRO
27	Tocaíma	NINGUNO	MAESTRO
28	Girardot	SUELOS-ESTRUCTURAL	MAESTRO
29	Girardot	SUELOS-ESTRUCTURAL	ING. CIVIL
30	Girardot	SUELOS-ESTRUCTURAL	ING. CIVIL
31	Girardot	NINGUNO	MAESTRO
32	Girardot	NINGUNO	MAESTRO
33	Girardot	ESTRUCTURAL	MAESTRO
34	Girardot	NINGUNO	MAESTRO
35	Girardot	NINGUNO	ARQUITECTO
36	Girardot	NINGUNO	ARQUITECTO
37	Girardot	NINGUNO	ARQUITECTO
38	Girardot	NINGUNO	MAESTRO
39	Girardot	NINGUNO	ING. CIVIL
40	Girardot	NINGUNO	MAESTRO
41	Girardot	NINGUNO	MAESTRO
42	Nilo	SUELOS-ESTRUCTURAL	ING. CIVIL
43	Nilo	SUELOS-ESTRUCTURAL	ING. CIVIL
44	Nilo	SUELOS-ESTRUCTURAL	ING. CIVIL
45	Nilo	NINGUNO	MAESTRO
46	Nilo	NINGUNO	MAESTRO
47	Nilo	NINGUNO	MAESTRO
48	Nilo	NINGUNO	MAESTRO
49	Nilo	NINGUNO	MAESTRO
50	Ricaurte	NINGUNO	MAESTRO
51	Ricaurte	NINGUNO	ING. CIVIL
52	Ricaurte	NINGUNO	ARQUITECTO
53	Ricaurte	ESTRUCTURAL	ARQUITECTO
54	Ricaurte	SUELOS-ESTRUCTURAL	ING. CIVIL
55	Ricaurte	SUELOS-ESTRUCTURAL	ING. CIVIL
56	Ricaurte	SUELOS-ESTRUCTURAL	ING. CIVIL
57	Ricaurte	SUELOS-ESTRUCTURAL	ING. CIVIL
58	Ricaurte	SUELOS-ESTRUCTURAL	MAESTRO
59	Ricaurte	NINGUNO	MAESTRO
60	Ricaurte	NINGUNO	ING. CIVIL
61	Ricaurte	NINGUNO	ING. CIVIL
62	Ricaurte	NINGUNO	MAESTRO

Gráfica 3. Participación profesional.



3.3 OBSERVACIONES SOBRE LOS RESULTADOS DE LA MUESTRA.

Algunos datos relevantes para la conformación de modelos estructurales de piscinas y que se desprenden de los resultados de la muestra son:

- Se manejan profundidades entre 0,60 m y 2,15 m. Al parecer profundidades mayores no son atractivas ni seguras para uso público en general.
- Existe una tendencia marcada al uso del concreto reforzado para el fondo y paredes de las estructuras de la muestra, sin embargo, existe un porcentaje significativo del 22,22% de estructuras que utilizaron mampostería en sus paredes. La combinación de paredes de mampostería y columnetas de concreto reforzado es completamente atípica.
- En la fase de diseño estructural es preocupante la poca participación de los profesionales del ramo: 23,45% de las muestras realizaron estudios geotécnicos y diseños estructurales, 4,93% solo realizaron diseños estructurales y el resto ningún tipo de estudio.
- La tendencia anterior al empirismo en la fase de diseño se mantiene en la fase de construcción, ya que un 59,26% de las estructuras encuestadas esta fue asignada a un maestro de obra, 23,46% a ingenieros civiles y 17,28% a arquitectos.

4 MARCO CONCEPTUAL PARA LA FORMULACION DE MODELOS ESTRUCTURALES

4.1 NORMATIVIDAD EXISTENTE.

Para todo el territorio nacional se encuentran vigentes, como normas constructivas, las especificaciones contenidas en el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR 98 contenido en el Decreto 33 de Enero de 1998. Este reglamento abarca varios aspectos del proceso constructivo como son la determinación de movimientos sísmicos para el análisis y diseño sismo resistente, metodologías de análisis y diseño estructural, calidad y especificaciones de construcción para distintos materiales, supervisión técnica, entre otras.

La misma norma sismo resistente determina sus alcances y excepciones de aplicación, los cuales son:

- *Edificaciones nuevas. (A.1.2.3.1)*
- *Edificaciones construidas antes de la vigencia del reglamento. (A.1.2.3.2)*
- *Edificaciones indispensables para la atención de emergencias. (A.1.2.3.3)*

No aplica para: puentes, torres de transmisión, torres y equipos industriales, estructuras hidráulicas, muelles y en general "*estructuras cuyo comportamiento dinámico difiera del de edificaciones convencionales*". (A.1.2.4.1)

Para algunas estructuras que no contempla el reglamento se dan sugerencias para su análisis sismo resistente en el apéndice A-1 NSR 98 "*el cual no tiene carácter obligatorio*". Las especificaciones dadas en este apéndice corresponden a estructuras autoportantes, cuyos elementos de soporte se pueden ver afectados por movimientos sísmicos y cuyo colapso atente contra vidas humanas o impida el funcionamiento de sistemas de atención de emergencia, tales como:

- "*Tanques, contenedores de líquidos y gases a presión, apoyados sobre columnas arriostradas, con diagonales o no.*"
- "*Silos y chimeneas de concreto reforzado vaciado en sitio, cuyas paredes son continuas hasta la fundación.*"

- *"Estructuras en forma de torre cuya masa este distribuída en la altura, tales como chimeneas, silos y tanques, cuyos apoyos consistente en faldones."*
- *"Torres en celosía, autoportantes o con templetes, chimeneas y torres con templetes."*
- *"Estructuras de tipo pêndulo invertido."*
- *"Tolvas sobre columnas, con o sin contravientos."*
- *"Torres de enfriamiento."*
- *"Torres o anaqueles de almacenamiento."*
- *"Avisos y vallaspublicitarias."*
- *"Monumentos y estructuras de parques de diversiones."*
- *"Otras estructuras autoportantes no incluidas anteriormente."*

Adicionalmente a no estar incluidas en las estructuras mencionadas en el Apéndice A-1, las estructuras de contención de líquidos ubicadas bajo o inmediatamente sobre el terreno no tienen clasificación dentro de los grupos de uso especificados en el numeral A.2.5.1, por lo que para efectos de aplicar las ecuaciones para determinar los valores del espectro de aceleraciones se debería asignar al coeficiente de importancia (**I**) un valor igual a cero, lo que matemáticamente anula el valor de la ecuación.

En el aspecto de materiales y especificaciones de construcción la NSR 98 contempla en su Título C Concreto Estructural, especificaciones de diseño y refuerzo para estructuras *"tales como piscinas, albercas, etc., que hacen parte de edificaciones"* (Capítulo C.20 Tanques y Compartimientos Estancos).

Es de sentido común adoptar para el diseño y construcción de piscinas las especificaciones dadas en el Título C, tales como la calidad de los materiales, la impermeabilidad del concreto, recubrimiento y espesores mínimos y otras que están encaminadas a garantizar la calidad y durabilidad de la estructura.

4.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES.

El sistema constructivo mas utilizado para piscinas es el de hormigón armado, que se trata de hormigón colado "in situ" de buena dosificación y resistencia (no

menor de 24 Mpa), armado con barras de acero corrugadas, el agua de amasado debe ser limpia y libre de impurezas, no se debe utilizar agua salada.

La preparación de un buen hormigón o mortero es consecuencia de una buena selección y dosificación de los materiales referidos, así como su amasado, preparación y puesta en obra. El concreto producido para piscinas debe: controlar el agrietamiento y la fisuración para impedir el flujo de líquidos entre el interior del tanque y su exterior, ser lo suficientemente densos para impedir la contaminación de los líquidos contenidos o que estos se contaminen, provea la máxima resistencia a los elementos químicos contenidos en el líquido, evitar la corrosión del refuerzo y obtener un concreto lo mas impermeable posible.

Es importante destacar que la durabilidad del hormigón está afectada por una relación o proporción de componentes en la mezcla para amasar que es fundamental:

- **La relación agua – cemento (A/C).** Se debe utilizar la menor cantidad de agua posible en el amasado de hormigones y morteros, debido a que el agua sobrante de la hidratación saldrá de la masa generando un producto poroso, permeable con malas propiedades mecánicas y resistentes; su relación agua/material cementante no debe exceder 0.45, el asentamiento máximo medido en el lugar de colocación del concreto no debe ser menor de 25 mm para pisos, ni menores de 100 mm para muros. La masa de material cementante no debe ser menor de 330 Kg. /m³. Según C.20.5.3 NSR-98.
- **Agua (para amasado y curado).**

Relación A/C baja		Relación A/C alta	
Estado freco	Estado Endurecido	Estado freco	Estado Endurecido
Manipulación del material deficiente	Resistencias mecánicas altas	Buena manipulación del material	Resistencia baja ante agentes
Colocación dificultosa en obra	Alta resistencia a agresivos	Fácil colocación en obra	Debilidad ante agentes químicos y biológicos
Mala protección de la armadura	Impermeabilidad	Bajas resistencias mecánicas	
Dificultad de fraguado	Durabilidad	Impermeabilidad deficiente	
		Porosidad	

- **Cemento. Podrán emplearse los siguientes cementos: Tipo: Pórtland, siderúrgicos y Puzolanicos.**

El Cemento Pórtland Puzolánico es un producto que se obtiene de la molienda de clinker de cemento Pórtland, puzolanas y yeso como regulador de fraguado.

Está especialmente recomendado para obras hidráulicas, hormigones en masa, fundaciones y estructuras en medios agresivos. Los hormigones elaborados con este cemento desarrollan menos calor durante la hidratación del mismo y presentan ventajosas características: resistencias a largo plazo superiores a las de un Cemento Pórtland Normal de la misma categoría, mayor resistencia química en medios agresivos y mejor compactación (menor porosidad).

El cemento siderúrgico también tiene buena resistencia a las aguas agresivas y desarrolla menos calor durante el fraguado. Otra característica de este cemento es su elevada alcalinidad natural, que lo hace particularmente resistente a la corrosión atmosférica causada por los sulfatos.

- **Agregados.** Los agregados gruesos deben ser del mayor tamaño posible e iniciar con un tamaño efectivo de 25 mm, sin exceder 1/5 de la menor dimensión entre caras de las formaletas, 1/3 del espesor de la losa, o 3/4 de la separación libre mínima entre barras de refuerzo. C.20.5.2 NSR-98.
- **Aditivos.** El aditivo principal es el acelerante de fraguado. La incorporación de acelerantes produce aumentos en las resistencias iniciales y disminución en las finales, con respecto a un hormigón o mortero sin aditivo. Los acelerantes en polvo se utilizan en el método de vía seca, y los líquidos en la seca y en la húmeda. La proporción de cemento será de 330 a 450 Kg. /m³ y la del acelerante entre 2 y 5 % del peso del cemento. Otros aditivos no menos importantes son los hidrófugos, que son los productos que mejoran la estanqueidad (permeabilidad) de los hormigones, protegiéndolos de la humedad al detener la absorción capilar. Al igual que en los acelerantes también los hay en polvo o en líquido para ser aplicados en masa o en superficie. La permeabilidad es producida al fraguar el hormigón, cuando todos los componentes de este no están en equilibrio y solamente lo estarán cuando el agua sea expulsada hacia el exterior. En este transcurso, el agua deja pequeños cauces, llegando algunos al exterior produciendo porosidad y permeabilidad, siendo necesario utilizar aditivos impermeabilizantes para obtener hormigones más compactos y más impermeables. La utilización de incorporadores de aire en el concreto fresco reduce la segregación del concreto y aumenta la trabajabilidad, mejorando la impermeabilidad del mismo. Las dosificaciones de los incorporadores de aire deben ser verificadas cuidadosamente para evitar descensos en la resistencia del concreto. El porcentaje de aire incorporado, en caso de utilizarse, no debe ser menor del 4% ni mayor del 6%.
- **Acero de refuerzo.** Se usará acero corrugado de alta resistencia de 60.000 PSI con un límite de fluencia mínima de 2.300 Kg./cm² para todo calibre mayor

o igual a 12 milímetros de diámetro y el alambre de amarre deberá ser del tipo alambre dulce o alambre negro o quemado. C.3.5 NSR-98.

- **Agua.** El agua para la mezcla del concreto deberá ser limpia sin ácidos, aceite, sales, materiales orgánicos, limos o cualquier sustancia que pueda perjudicar la calidad, resistencia o durabilidad del concreto. En caso de agua de calidad dudosa, deberá someterse a pruebas de laboratorio para decidir su posible utilización. C.3.4 NSR-98.

4.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBRA

- **Excavaciones en tierra.** Las excavaciones se realizarán de acuerdo a los sitios necesarios según el proyecto y de conformidad con las dimensiones de los planos de detalles. El fondo de las excavaciones debe quedar totalmente limpio.

Los costados de las excavaciones deberán quedar completamente verticales o tendidas según el tipo del terreno y su fondo nivelado horizontalmente excepto cuando en los planos constructivos se especifiquen detalladamente las pendientes.

Cuando el terreno presente condiciones de resistencia que no correspondan a la cimentación de Construcciones, se suspenderá la ejecución de las excavaciones hasta tanto sean suministrados los nuevos diseños de cimentación. Si en algún sitio de la excavación del piso para la fundación se afloja, el material flojo deberá removerse y reemplazarse con material seleccionado o concreto ciclópeo. El fondo de las excavaciones se deberá proteger con capa de cinco (5) centímetros en concreto de 2000 PSI.

Relleno en recebo compactado. Consiste en la reducción del volumen del material por medios mecánicos, para mejorar sus condiciones y propiedades de resistencia geomecánica. Se utilizaran materiales seleccionados constituidos por una mezcla de piedra partida, arena y finos que cumplan los siguientes requisitos:

- a) Limite líquido de la fracción que pasa Tamiz No. 40 = 25% máximo.
- b) Índice de plasticidad de la misma fracción 6.5 máximo.
- c) El desgaste del material de acuerdo al ensayo de abrasión en la máquina de los Ángeles deberá ser menor de 50%.
- d) La gradación del material deberá estar dentro de los límites de la siguiente tabla.

GRANULOMETRÍA	
Tamiz	% Pasa
1"	100
2"	55 - 100
No. 4	30 - 60
No. 10	20 - 50
No. 40	15 -30
No. 200	0 -12

Fuente: Manual del IDU.

- e) El tanto por ciento (%) que pasa el Tamiz No. 200 deberá ser menor de la mitad del que pasa el Tamiz No. 40.
 - f) Los materiales no podrán contener piedras de tamaño superior a los diez (10) centímetros.
 - g) El contenido de materia orgánica debe ser inferior al 3% en peso.
 - h) El material será una mezcla con arena, como componentes predominantes denominado comúnmente recebo.
 - i) Una vez preparados y aprobados los materiales del relleno se colocarán capas sucesivas horizontales del relleno suelto no mayor a 10 centímetros a través de todo el ancho de la sección.
 - j) El material de las diferentes capas deberá tener la humedad necesaria antes de su compactación para que esta sea la indicada de acuerdo con los ensayos de laboratorio.
 - k) Se requerirá humedecer o secar el material y tratarlo en forma tal que se asegure un contenido de humedad uniforme a través de toda la capa. Si el material estuviere demasiado húmedo para obtener la compactación exigida, se paralizará el trabajo en todas las porciones del relleno afectadas hasta que se seque lo suficiente para adquirir el grado de humedad requerido. Las operaciones deberán suspenderse en caso de lluvia y otras condiciones poco favorables para los trabajos. El riego del agua necesaria, se hará por medio de equipos apropiados que distribuyan homogéneamente el agua.
 - l) Las operaciones de compactación se efectuarán hasta lograr que el relleno este compactado hasta no menos el 90% de la densidad máxima, para el porcentaje de humedad óptima, de acuerdo a los ensayos de compactación por el ensayo de Proctor Modificado.
 - m) La compactación de los materiales debidamente colocados, extendidos y nivelados, en el sitio deberá hacerse longitudinalmente partiendo de los bordes exteriores de la franja que se compacta, hacia el centro, cuidando de transplatar cada pasada de equipo, hasta lograr la densidad especificada uniformemente a todo lo largo y ancho de la franja.
- **Cimentación en concreto premezclado para piscina.** Se refiere este artículo a la construcción de la cimentación en concreto de 3.000 PSI para muros de piscina de acuerdo con los detalles consignados en los planos estructurales. Se emplea concreto de 3.000 PSI premezclado y acero de refuerzo de las especificaciones contenidas en los planos estructurales. El interventor de la obra deberá comprobar periódicamente por medio de ensayos de laboratorio las calidades de los materiales para establecer comparaciones con lo exigido en estas especificaciones. La planta que realice la producción de concreto de 3.000 PSI premezclado deberá estar

certificada por la norma ISO 9001, y esta a su vez deberá certificar la materia prima y el producto terminado.

- **Mezclado.** Solo se mezclara concreto en las cantidades que se requieren para uso inmediato y no se aceptara ninguno que haya iniciado su fraguado o, que se haya mezclado con 45 minutos de anterioridad a la colocación. Para la mezcla en sitio se proveerá equipo adecuado (mezcladoras) con dispositivo para medir el agua, que garantice una distribución uniforme de los materiales.
- **Tipo de Mezclado.** Es de esperarse que dicho tiempo sea de aproximadamente como sigue, si el agua de mezcla se añade antes que haya transcurrido 1/4 del tiempo de mezcla.

Capacidad del Equipo de Mezcla	Tiempo de Mezcla
1/2 metro cúbicos o menos	1.1/2 minutos
de 3/4 a 1.1/2 metros cúbicos	2 minutos

El tiempo de mezcla especificado se basa en el control apropiado de la velocidad de rotación de la mezcladora, deberá girar a la velocidad uniforme y no podrá exceder de un metro por segundo periféricamente.

Tampoco podrá cargarse en exceso sobre la capacidad recomendada por el fabricante. Antes de colocar materiales a la mezcladora para la carga siguiente, todo el contenido de la mezcla precedente deberá haberse vaciado. En caso de falla del equipo se debe mezclar manualmente suficiente concreto para completar el trabajo hasta una junta de construcción y se hará la mezcla en una plataforma de madera o de metal de tamaño adecuado.

El material se llevara de la mezcladora al sitio del vaciado en la forma más rápida y práctica posible evitando la segregación. Al usar canaletas, la mezcla debe resbalar desde una altura no mayor de 1.50 metros a menos que el Interventor autorice una altura superior.

- **Juntas.** El concreto sufre cambios volumétricos debidos a la retracción de fraguado, el flujo plástico, y las variaciones en la temperatura y en el contenido de humedad. Con el fin de minimizar los efectos nocivos de estos cambios volumétricos, deben disponerse juntas y detalles especiales del acero de refuerzo. Las juntas deben estar claramente marcadas en los planos y debe darse allí suficiente información para garantizar que la construcción se realice adecuadamente. C.20.4 NSR-98.

- **Juntas de expansión.** Las juntas de expansión se utilizan para permitir la expansión y contracción del concreto durante el período de curado y durante el tiempo de servicio de la estructura para permitir cambios dimensionales debidos a las cargas y a los asentamientos diferenciales de la estructura, y cambios volumétricos debidos a variación de la temperatura. Las juntas de expansión pueden cumplir, además, la función de juntas de contracción y de construcción. En general las juntas de expansión deben localizarse cerca a los cambios abruptos de la geometría de la estructura. En las juntas de expansión de losas sobre el terreno debe tenerse especial cuidado con el efecto de restricción que ejerce el suelo. Las juntas de expansión deben ser capaces de transferir los esfuerzos cortantes a través de la junta, causados por las deflexiones diferenciales de los elementos adyacentes, y diseñarse de tal manera que puedan ocurrir movimientos en la junta sin afectarse su impermeabilidad. Las juntas de expansión deben tener algún tipo de relleno preformado y compresible, una barrera de caucho, neopreno, plástico u otro material que cumpla la función de impedir el paso del líquido contenido. Tanto el relleno como la barrera deben ser capaces de resistir adecuadamente los movimientos que se presenten en la junta. El refuerzo se debe terminar a 50 m.m de la cara de la junta de expansión. C.20.4.2.1 NSR-98.
- **Barreras contra el paso del agua.** Las barreras pueden ser de caucho, de cloruro de polivinilo (PVC), acero, o de otro material. Las primeras se utilizan en juntas donde se esperan mayores movimientos. Para las barreras de caucho y de PVC, el espesor mínimo es de 9.5 mm y deben tener un ancho mínimo de 220 mm para juntas de expansión y de 150 mm para otras juntas, el cual se repartirá mitad y mitad entre los dos concretos al lado de la junta. Cuando sean de acero deben ser de platina de 6 mm (1/4") y deben estar embebidas a cada lado de la junta un mínimo de 75 mm y un dobléz central cuyo tamaño dependerá del movimiento esperado. C.20.4.2.2 NSR-98
- **Juntas de contracción.** La función principal de las juntas de contracción, o de disipación de retracción, es la de reducir los esfuerzos producidos por la retracción de fraguado del concreto. Se utilizan dos tipos de juntas de contracción, de profundidad parcial o de profundidad total. Los requisitos para unas y otras son los siguientes:
- **De profundidad total.** En las juntas de contracción de profundidad total el refuerzo se suspende a 50 mm de la junta. En la cara del concreto que se vacía en primera etapa de la junta se coloca un compuesto que evite la adherencia de este concreto con el de segunda etapa. La junta debe tener una barrera del tipo indicado en C.20.4.2.2. Cuando se deba transferir

esfuerzos cortantes de un lado al otro de la junta, pueden utilizarse barras de transferencia (dowels) engrasadas. La separación entre estas juntas no debe ser mayor a la indicada en la tabla C.20-1 para todas las cuantías mínimas anotadas allí.

- **De profundidad parcial.** Las juntas de contracción de profundidad parcial se utilizan cuando se desea transferir parte de los esfuerzos de tracción a través de la junta para amarrar las dos partes de la estructura. El refuerzo que pasa no puede ser más del 50 por ciento del refuerzo perpendicular a la junta. Estas juntas se deben espaciar a distancia del orden de las 2/3 partes de las juntas de profundidad total. **C.20.4.2.4 NSR-98.**
- **Juntas de construcción.** Las juntas de construcción deben localizarse de tal manera que cumplan los siguientes requisitos:
 - a) Deben tener el menor efecto posible sobre la resistencia de la estructura, y
 - b) deben separar la estructura en segmentos que faciliten su construcción.
 - c) Las juntas de construcción deben prepararse antes de vaciar el concreto de segunda etapa contra la junta, para garantizar una buena adherencia entre los concretos. Todo el refuerzo debe continuarse a través de la junta de construcción. En aquellos lugares donde la junta deba ser impermeable, debe colocarse una barrera contra el paso del agua. **C.20.4.2.2. NSR-98.**
- **Llaves de cortante.** Las llaves de cortante, cuando se utilicen, deben diseñarse y construirse cuidadosamente con el fin de que no interfieran con las barreras contra el paso del agua. **C.20.4.2.6 NSR-98.**
- **Colocación del concreto.** Antes de comenzar el vaciado del concreto las formaletas deberán estar limpias y húmedas. Deberán emplearse vibradores mecánicos que garanticen perfecto funcionamiento durante el tiempo previsto de las cargas. El transporte de la mezcla se hará en carretillas o canecas metálicas. La caída libre del concreto sobre las formaletas debe reducirse a un mínimo para evitar deformaciones en los hierros de refuerzo y en las formaletas, además debe evitar la segregación de los agregados y la formación de burbujas de aire. El concreto se depositará sobre superficies limpias, húmedas y libres de corrientes de agua o acción directa de la lluvia en capas horizontales cuyo espesor no exceda de 30 centímetros. La colocación del concreto debe llevarse a cabo continuamente alrededor del refuerzo, en las partes estrechas y en las esquinas de los muebles o formaletas. No se podrá colocar el concreto de una losa antes de que haya transcurrido por lo menos dos horas de la colocación del concreto en los muros o columnas, que le sirven de apoyo. El concreto deberá depositarse tan cerca como se pueda de su posición final en la formaleta, de modo que no haya que

transportarla mas de 2.00 metros, dentro de la masa. Se colocara con la ayuda de equipo mecánico y vibrador que en ningún caso podrán usarse para transportar concreto dentro de la formaleta. La colocación del concreto debe suspenderse cuando una lluvia fuerte cause charcos o lave la superficie del concreto fresco sin que sea posible adaptar ninguna cubierta. Cuando se colocan grandes masas de concreto, se produce concreto de compactación pobre.

- **Colocación del concreto en paredes delgadas.** El espacio disponible entre el refuerzo en paredes delgadas es a veces insuficiente para permitir la introducción de cualquier vertedero que produzca la caída brusca del concreto. La visibilidad frecuentemente no pasa de un metro desde la pared superior, de tal forma que la compactación desde la parte superior de las formaletas de gran altura, debe hacerse a ciegas y para facilitar la operación deberá ejecutarse con formaletas de panales de 30 centímetros de alto, para que se vayan colocando una encima de otras, a medida que se va vaciando el concreto, o dejar vanos en la formaleta cada 1.50 metros de distancia vertical a través de los cuales se podrá vaciar y compactar el concreto. Naturalmente estos van en la superficie terminada del concreto. El equipo de vibración deberá ser del tipo interno que opera por lo menos de 7.000 R.P.M. cuando se sumerge en el concreto. Deberá disponerse de un número suficiente de vibradores para obtener una consolidación adecuada. Solo podrán utilizarse vibradores para concretos con la aprobación previa del Interventor. En ningún caso se permitirá golpear la formaleta. La duración de la operación de vibrado será la necesaria para alcanzar la consolidación requerida sin que se produzca segregación de los materiales. Deberá evitarse que los vibradores penetren hasta las capas inferiores previamente colocadas que hayan empezado a fraguar.
- **Compactación.** Inmediatamente se coloque el concreto dentro de las formaletas, se debe proceder a su compactación por medio de vibradores con el fin de asegurar su densificación y evitar hormigueros. C.20.5.4 NSR-98.
- **Protección y curado.** El buen curado del concreto es fundamental en la obtención de concretos impermeables. En general el concreto debe mantenerse húmedo por el mayor tiempo posible después de que ha dejado de ser plástico, durante un período mínimo de siete días. Inmediatamente después de colocado el concreto, se protegerá toda la superficie de los rayos solares, humedeciéndola constante durante un tiempo

nunca inferior a diez (10) días. Se cubrirá con agua procurando que sea continua y pareja la humedad en toda la superficie para evitar los agrietamientos. El curado se hará cubriendo totalmente las superficies expuestas con mantos permanentes saturados o manteniéndolas mojadas por un sistema de tuberías perforadas de regadores mecánicos y otro método aprobado que mantenga las caras del concreto completamente húmedas, entendiéndose que no se permitirá el humedecimiento periódico de las mismas, sino que este debe ser continuo. El agua que se utilice para curado deberá ser limpia y en general debe llenar los requisitos especificados para el agua de mezcla. Todo el equipo que se requiere para el curado adecuado del concreto deberá tenerse listo antes de iniciar la colocación del mismo. C.20.5.5 NSR-98.

- **Elementos embebidos en concreto.** Los elementos embebidos en el concreto tales como varillas de anclaje, tuberías, ductos, deberán anclarse fijamente en los sitios indicados en los planos. Es necesario limpiar la superficie de dichos elementos para retirar el óxido. Pintura, escamas y cualquier otra materia que impida la buena adherencia entre el metal y el concreto. Una vez hecha la limpieza, antes de vaciar el concreto, se pintará con lechado de cemento.
- **Enderezado y redoblado de refuerzo.** Las varillas de refuerzo deberán ser colocadas con exactitud y aseguradas firmemente para evitar su desplazamiento antes y durante el vaciado del concreto. Si se adopta el sistema de amarrar con alambres deben ser lo suficientemente rígidos para resistir sin desplazamientos el trabajo de los vibradores mecánicos y de los otros esfuerzos que soportan las armaduras durante la ejecución del vaciado. Deben colocarse separadores eficaces para garantizar que las armaduras conservan las distancias prescritas en los planos tanto entre varillas como entre estas y las fortalezas. En el momento de fundir se debe tener cuidado de dejar un espacio requerido entre el refuerzo y la formaleta.
- **Empalmes o Traslapos.** Las uniones de las varillas de refuerzo no deben localizarse en los puntos de esfuerzo máximo si trabajan a la tracción. Pueden hacerlo soldadas al tope o traslapadas. En el primer caso la soldadura debe desarrollar un esfuerzo crítico de tracción igual al 125% del límite de fluencia del acero especificado. En el segundo caso la longitud del traslapo debe tener un mínimo de 40 diámetros, sin incluir los ganchos en las barras superiores. Podrán hacerse traslapos soldados, con una longitud de 10 diámetros con dos cordones de soldadura y siempre que se desarrollen con un mínimo de 125% de límite de fluencia del

acero utilizado, en el trabajo de tracción, las uniones de las varillas no deben coincidir en un mismo sitio.

- **Recubrimiento del refuerzo.** Como mínimo deben utilizarse los recubrimientos para el refuerzo indicados a continuación:

Muros y paredes.

Para condiciones secas.....20 mm

Expuesto o en contacto permanente con el agua, la intemperie o la tierra:

Tanques circulares con tracción anular.....55 mm

Otros tanques.....50 mm

Losas de fundación.

Todas la superficies vaciadas y en contacto permanente con la tierra.....75 mm

Otros refuerzos, como en losas.

C.20.2.2 NSR-98

- **Piso en concreto premezclado e impermeabilizado para piscina.** Se refiere este artículo a la construcción del piso en concreto de 3.000 PSI premezclado e impermeabilizado para la piscina de acuerdo con los detalles consignados en los planos estructurales, se deberá tener en cuenta todas las especificaciones sobre concretos, formaletas y acero de refuerzo, dadas por el capítulo de estructuras. Se emplea concreto de 3.000 PSI premezclado e impermeabilizado y acero de las especificaciones contenidas en los planos estructurales. La planta que realice la producción de concreto de 3.000 PSI premezclado e impermeabilizado con tratamiento para baja permeabilidad deberá estar certificada por la norma ISO 9001 y esta a su vez certificará la materia prima y el producto terminado.
- **Muros de piscina en concreto premezclado e impermeabilizado.** Se refiere este artículo a la construcción de los muros principales de la piscina en concreto de 3.000 PSI premezclado e impermeabilizado, se deberá tener en cuenta todas las especificaciones sobre concretos, formaletas y acero de refuerzo dados por el capítulo de estructuras. Se empleara concreto de 3.000 PSI premezclado e impermeabilizado y acero de las especificaciones contenidas en los planos estructurales. La planta que realice la producción del concreto de 3.000 PSI premezclado e impermeabilizado con tratamiento de baja permeabilidad deberá estar certificada por la norma ISO 9.001 y esta a su vez deberá certificar la materia prima y el producto terminado. **Adicionalmente en el alcance del Título D Mampostería Estructural la NSR 98 especifica que "para estructuras especiales como arcos, bóvedas, tanques, silos y chimeneas, los requisitos del presente**

Título D pueden utilizarse cuando sean aplicables, a juicio del ingeniero diseñador" (D.1.1.2) El mencionado título no contempla indicación alguna para estructuras de mampostería simple.

4.4 CARGAS DE DISEÑO.

La principal carga a la que se encuentran sometidas las estructuras de piscinas es la debida a la presión hidrostática del volumen de agua que contienen. Otra carga importante, pero que no siempre está presente, es la debida al empuje de tierras. Otro esfuerzo al que pueden verse sometidos estas estructuras son las subpresiones en el fondo debido a variaciones en el nivel freático en suelos expansivos. Esta misma condición origina el fenómeno de flotación cuando la estructura se le extrae su contenido.

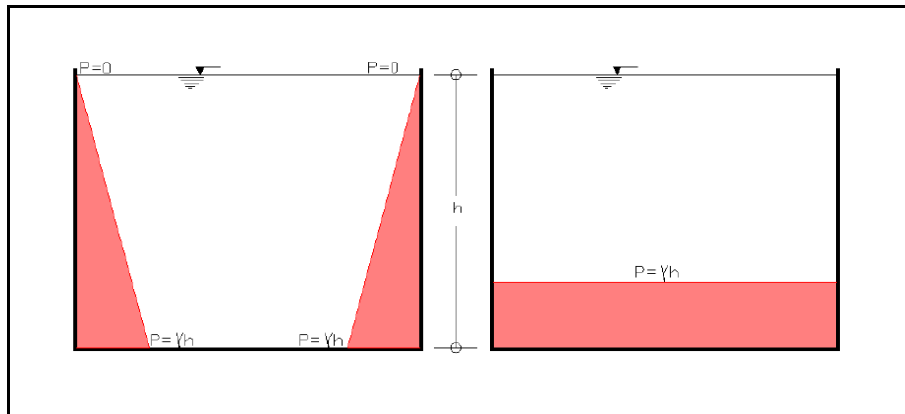
4.2.1 Presión Hidrostática.

Como características relevantes del comportamiento de la presión hidrostática se tienen:

- Depende del peso específico (γ) del líquido.
- Varía directamente proporcional a la profundidad desde un valor $P=0$ en su superficie libre a la atmósfera, hasta su valor máximo en el fondo de la estructura $P = \gamma h$ ([Figura 1](#)).
- Tiene un valor constante en un mismo plano horizontal.

Las anteriores propiedades descartan el factor de forma en planta como relevante para el análisis estructural de modelos de piscinas. Un caso especial es el de tanques o piscinas completamente circulares, en cuyas paredes se presenta el fenómeno de tracción anular, que amerita un análisis diferente.

Figura 1. Distribución de la presión hidrostática en paredes y fondo de la estructura de una piscina.

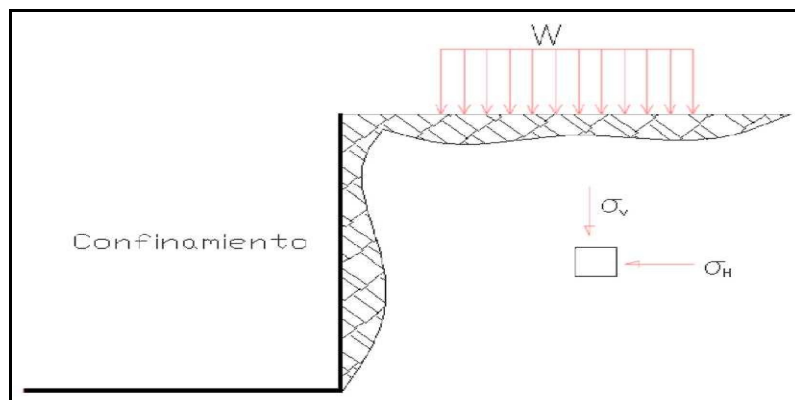


4.2.2 Empuje Lateral de Suelos.

La teoría del empuje de tierras establece tres estados bajo los cuales puede presentarse este fenómeno: estado de reposo, estado activo y estado pasivo. Las dos últimas condiciones suelen presentarse bajo estados tensionales de falla de suelos de laderas y controlan el diseño de las estructuras de contención necesarias para su estabilidad.

La condición necesaria para que se genere el estado de reposo de empuje de tierras es que exista un confinamiento lateral que impida la deformación en ese sentido del suelo, mientras que, existen condiciones que provocan la deformación vertical del mismo. Caso general de paredes de sótanos o piscinas con construcciones aledañas que imponen sobrecarga al terreno y generan el empuje lateral de suelos s_H (Figura 2).

Figura 2. Esquema de condición necesaria para el estado de reposo del empuje lateral de suelos.



En el caso de presencia de nivel freático, la normatividad constructiva vigente recomienda: *"los empujes debido al agua subterránea deben minimizarse en lo posible, mediante el uso de obras adecuadas de drenaje y despresurización. Sin embargo, cuando esto no es posible deben sumarse a los empujes de tierras"* (H.4.2.8 NSR 98).

4.2.3 Sub-presión de Fondo por Suelos Expansivos y/o Flotación.

Los suelos expansivos⁴ se caracterizan por contraerse ante la pérdida de humedad y de expandirse nuevamente ante la presencia de la misma. La variabilidad de volumen cesa bajo el nivel freático, pero este puede verse afectado por los factores climáticos lluvia/sequia propios de nuestro medio.

La expansión del suelo genera una presión en su fondo que llega a ser crítica para tanques y piscinas en caso de permanecer por periodos de tiempo relativamente largos en condición vacía, lo que puede desembocar en la flotación de toda la estructura.

Ante los fenómenos anteriormente mencionados, la NSR 98 reglamenta:

- *"Debe proveerse un adecuado drenaje alrededor de las estructuras mediante pendientes perimetrales (2 - 20%), cunetas revestidas, aéreas pavimentadas y canalizaciones de las aguas lluvias."* (H.6.1.6.(a))
- *"Reemplazo - consiste en la excavación y el reemplazo de la capa expansiva, cuando su espesor y profundidad no la hacen prohibitivamente costoso"* (H.6.1.7.(a))
- *"Tratamiento con cal - la mezcla superficial de cal con un suelo potencialmente expansivo o su inyección a presión es benéfica, según el estado del suelo (agrietado o no) y el método de aplicación (inyección a presión o mezcla mecánica)"* (H.6.1.7.(b))
- *"Deben tomarse precauciones para evitar la falla del tanque por efectos de flotación, disponiendo de lastres adecuados"* (C.20.2.1.1)

4.5 COMBINACIONES DE CARGA PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL.

El numeral C.20.3 sugiere realizar el análisis y diseño estructural de tanques y compartimientos estancos tanto para el estado límite de resistencia como para el estado límite de funcionamiento.

Las combinaciones de carga estipuladas para esta metodologías se encuentran en el Título B de la NSR 98 e incluyen valores de carga viva (**L**), la cual no está definida en el capítulo B.2 de la norma para estructuras tipo tanques o compartimientos estancos. Se utilizan entonces las combinaciones donde se consideran "*cargas debido al empuje lateral de suelos ó presión hidrostática*" (**H**), todas las arcillas tienen algún potencial de expansión, lo poseen en mayor grado aquellas con componentes minerales activos tales como caolinita, illita, montmorilonita, vermiculita y algunas variedades de haloisitas. con la modificación a los coeficientes indicadas en C.20.3.3 para carga de fluidos (**F**) y un coeficiente igual a cero para carga viva.

Método del Estado Límite de Resistencia:

$1.4 \mathbf{D} + 1.7 \mathbf{F}$	(B.2.4-1)
$1.05 \mathbf{D} + 1.7 \mathbf{F}$	(B.2.4-2)
$1.4 \mathbf{D} + 1.7 \mathbf{H}$	(B.2.4-6)

4.6 MODELOS ESTRUCTURALES.

Dependiendo del sistema constructivo a usar, los modelos estructurales a emplear deben considerar dos condiciones distintas:

- Unión rígida de fondo y paredes, caso de las estructuras de fondo y paredes de concreto reforzado. Aunque también es posible construir, mediante un mecanismo de junta, estructuras con fondo y paredes de concreto con movimiento independiente.
- Unión libre de fondo y las paredes, caso de las estructuras con fondo en concreto reforzado y paredes en mampostería de arcilla.

4.4.1 Modelos de Unión Rígida Fondo-pared.

Pueden considerarse las paredes divididas en una serie de marcos horizontales, de altura A_h , sometidos a esfuerzos de tracción y flexión debido a la presión hidrostática ([Figura 3](#)).

Se presentan entonces momentos de flexión máximos en el centro de las luces y momentos de empotramiento en la unión de paredes. Ambos valores dependen de la longitud del lado que se considere. Para estructuras cuadradas ($L_1 = L_2$) se produce una distribución igual los momentos de flexión en el centro de la luz en las paredes ([Figura 4](#)). Igual fenómeno ocurre con los efectos de tracción.

Adicionalmente se considera la estructura conformada por marcos en U verticales (Figura 5). La unión fondo pared se ve afectada entonces por un momento de empotramiento en toda su longitud (Figura 6).

Figura 3. Modelo de pórticos horizontales en paredes de la estructura de una piscina.

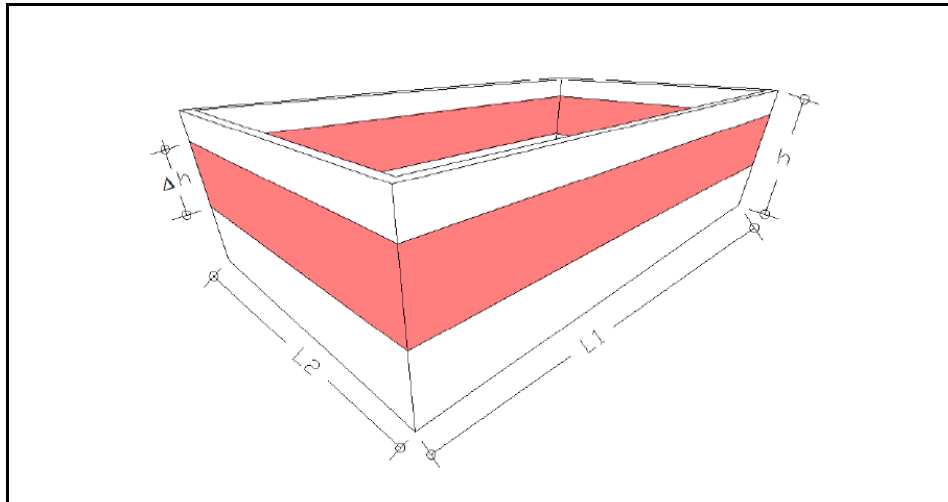


Figura 4. Distribución de esfuerzos en marcos horizontales en paredes de la estructura de una piscina.

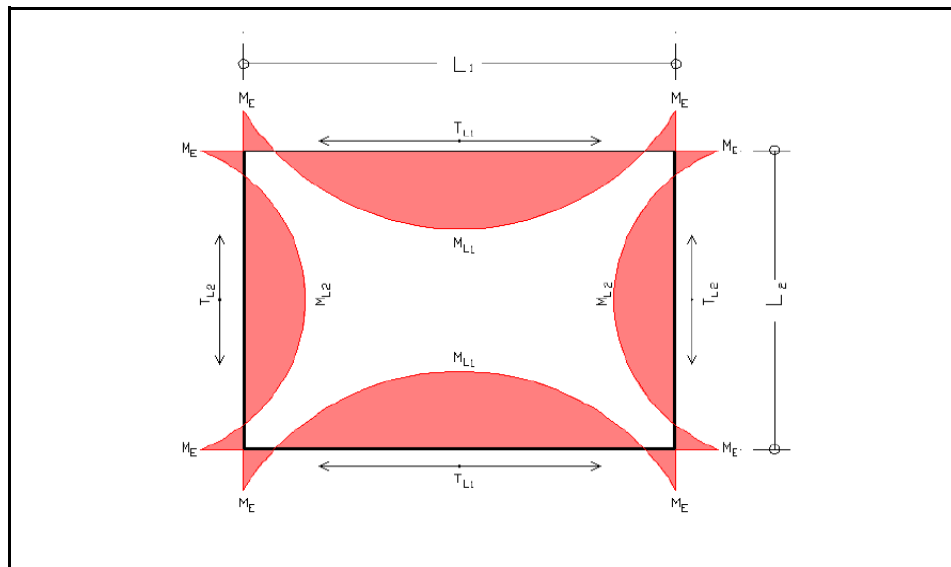


Figura 5. Modelo de pórticos en “U” para unión rígida fondo – losa en la estructura de una piscina.

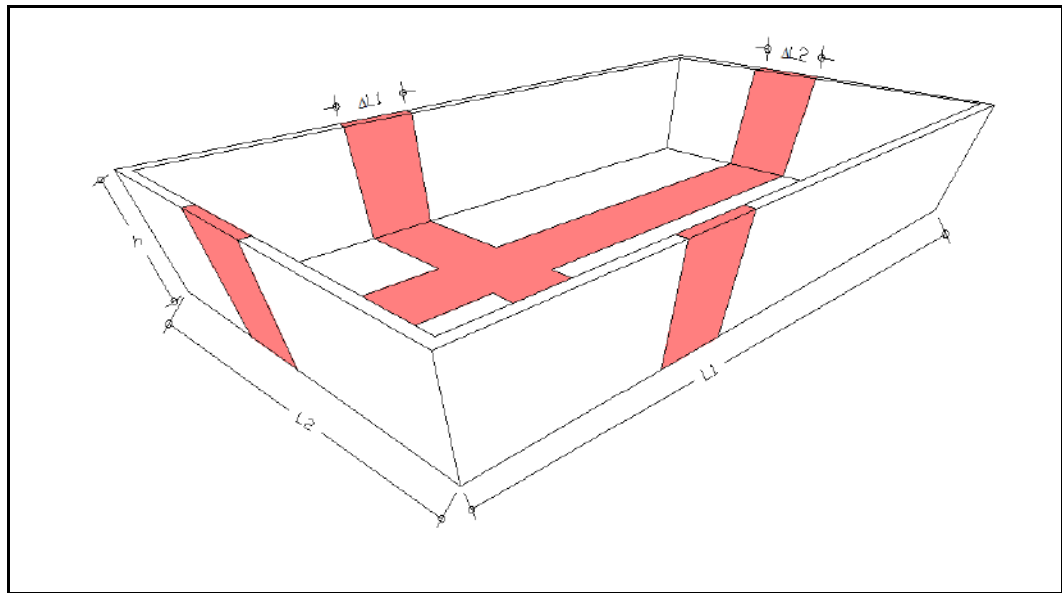
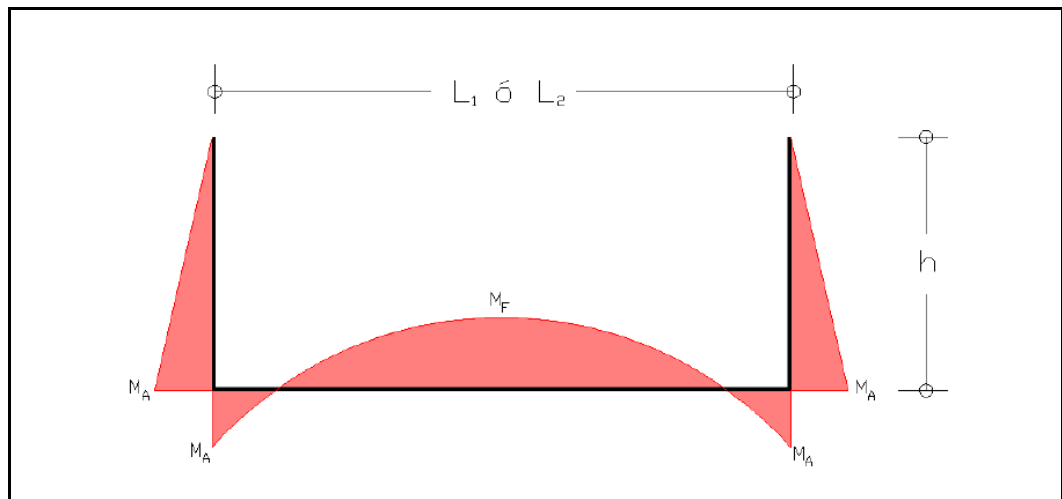


Figura 6. Distribución de esfuerzos en pórticos en “U” para unión rígida fondo-losa en la estructura de una piscina.



4.4.2 Modelos de Unión Libre Fondo-pared.

En este caso deberá considerarse la estructura formada por marcos horizontales tal como se plantea en la [Figura 4](#). La losa de fondo no estaría sometida a

momentos de empotramiento en su borde y, en el supuesto de poseer un área de soporte rígida, se vería sometida a esfuerzos de compresión, bajo la carga homogénea que genera la presión hidrostática.

4.7 ASPECTOS RELEVANTES DE LOS MODELOS ESTRUCTURALES PROPUESTOS.

Para la conformación de modelos estructurales, con miras al análisis de su comportamiento se hace necesario considerar tanto para los de unión rígida fondo-pared, como para los de unión libre fondo-pared:

- Modelos que representen estructuras de forma cuadrada, para el análisis de la distribución igual de esfuerzos.
- Modelos que representen estructuras con diferentes combinaciones de longitud y ancho, para el análisis de la distribución desigual de esfuerzos.
- Variaciones en la profundidad, para el análisis del comportamiento estructural ante el aumento de la presión hidrostática.

5 ELECCION DE GEOMETRIAS PARA MODELOS ESTRUCTURALES A PARTIR DE LOS DATOS DE LA MUESTRA

Se proponen dos grupos de modelos correspondientes a los dos sistemas constructivos predominantes en la muestra. Cada uno de los modelos estará formado por combinaciones de longitud, ancho y profundidad que sean representativas de las estructuras evaluadas.

5.1 GEOMETRIAS DE MODELOS DE UNION RÍGIDA FONDO-PARED.

Corresponden a las estructuras de fondo y paredes en concreto. Se realiza un análisis estadístico básico de las dimensiones encontradas (largo, ancho, profundidad) y de sus posibles combinaciones.

La [Tabla 5](#) muestra la conformación de las geometrías usadas para estas estructuras y los valores de la relación entre largo/ancho y profundidad máxima y profundidad mínima (h máx/ h min).

Tabla 4. Geometría de piscinas con losa de fondo y pared en concreto reforzado.

Folio No	Lugar	Largo (m)	Ancho (m)	h min (m)	h máx (m)	Relación Largo/ancho	Relación h máx /h min
1	Agua de dios	18,50	8,00	0,80	1,90	2,31	2,38
3	Agua de dios	24,36	12,00	0,70	1,90	2,03	2,71
4	Agua de dios	24,47	11,00	0,80	1,80	2,22	2,25
5	Agua de dios	30,00	13,50	0,90	1,90	2,22	2,11
6	Tocaíma	21,69	11,00	0,85	2,00	1,97	2,35
7	Tocaíma	11,17	7,50	0,90	1,85	1,49	2,06
8	Tocaíma	11,93	6,50	0,95	1,90	1,84	2,00
9	Tocaíma	18,85	10,00	0,80	1,95	1,89	2,44
10	Tocaíma	15,38	9,00	0,75	2,00	1,71	2,67
12	Tocaíma	20,03	11,50	0,85	2,15	1,74	2,53
14	Tocaíma	27,06	13,00	0,95	1,95	2,08	2,05
15	Tocaíma	22,30	9,50	0,70	1,90	2,35	2,71
18	Tocaíma	13,84	7,00	0,80	1,80	1,98	2,25
19	Tocaíma	17,07	9,00	0,90	2,10	1,90	2,33
21	Tocaíma	17,38	9,50	0,80	2,00	1,83	2,50
22	Tocaíma	18,11	9,00	0,75	1,90	2,01	2,53
24	Tocaíma	17,72	8,00	0,60	1,90	2,22	3,17

26	Tocaíma	18,68	7,00	0,80	1,85	2,67	2,31
27	Tocaíma	20,04	9,00	0,90	1,90	2,23	2,11
28	Girardot	12,70	6,50	0,85	1,95	1,95	2,29
29	Girardot	18,54	6,00	0,75	2,00	3,09	2,67
30	Girardot	18,21	8,00	0,80	2,10	2,28	2,63
31	Girardot	13,52	6,80	0,90	1,90	1,99	2,11
32	Girardot	11,43	7,00	0,80	2,00	1,63	2,50
34	Girardot	13,20	6,50	0,70	1,80	2,03	2,57
36	Girardot	20,02	7,50	0,75	1,90	2,67	2,53
37	Girardot	17,56	5,50	0,80	1,85	3,19	2,31
38	Girardot	17,72	7,00	0,90	1,95	2,53	2,17
39	Girardot	18,02	7,00	0,85	1,90	2,57	2,24
41	Girardot	16,94	8,00	0,75	1,80	2,12	2,40
42	Nilo	20,00	11,00	0,90	1,90	1,82	2,11
43	Nilo	19,51	12,60	0,95	1,95	1,55	2,05
44	Nilo	20,83	11,00	0,70	2,05	1,89	2,93
45	Nilo	12,50	5,00	0,75	2,10	2,50	2,80
46	Nilo	13,74	6,60	0,70	2,00	2,08	2,86
47	Nilo	11,20	5,00	0,80	1,95	2,24	2,44
48	Nilo	13,20	5,00	0,90	1,80	2,64	2,00
49	Nilo	14,61	5,60	0,95	1,75	2,61	1,84
50	Ricaurte	14,68	5,50	0,80	1,80	2,67	2,25
51	Ricaurte	13,58	5,50	0,75	1,90	2,47	2,53
52	Ricaurte	14,32	5,00	0,80	2,05	2,86	2,56
53	Ricaurte	13,60	7,00	0,60	2,00	1,94	3,33
54	Ricaurte	17,72	8,50	0,70	1,85	2,08	2,64
55	Ricaurte	16,65	6,80	0,80	1,90	2,45	2,38
56	Ricaurte	13,47	6,00	0,90	1,95	2,25	2,17
57	Ricaurte	13,21	5,50	0,85	1,80	2,40	2,12
58	Ricaurte	12,70	6,00	0,75	1,85	2,12	2,47
59	Ricaurte	14,30	6,50	0,85	1,90	2,20	2,24
60	Ricaurte	13,49	5,90	0,90	1,95	2,29	2,17
61	Ricaurte	14,07	7,00	0,95	1,90	2,01	2,00
62	Ricaurte	13,46	6,00	0,80	1,80	2,24	2,25
63	Ricaurte	15,74	11,50	0,75	1,95	1,37	2,60
65	Ricaurte	16,50	5,50	0,85	1,85	3,00	2,18
66	Ricaurte	13,10	6,50	0,90	1,90	2,02	2,11
69	Ricaurte	19,60	11,00	0,75	2,00	1,78	2,67
70	Ricaurte	12,70	6,00	0,70	1,90	2,12	2,71
71	Ricaurte	15,10	6,20	0,80	1,80	2,44	2,25
74	Ricaurte	14,70	6,00	0,60	1,85	2,45	3,08
75	Ricaurte	15,00	5,50	0,70	1,90	2,73	2,71
76	Ricaurte	14,40	5,00	0,80	1,95	2,88	2,44
77	Ricaurte	14,70	6,20	0,90	2,00	2,37	2,22
78	Ricaurte	14,30	5,00	0,85	2,10	2,86	2,47
79	Ricaurte	12,70	5,30	0,90	2,15	2,40	2,39
81	Ricaurte	14,40	5,50	0,80	1,95	2,62	2,44

La [Tabla 6](#) registra un análisis estadístico básico de la variación de los datos de la geometría de las dimensiones encontradas en el muestreo realizado. El objetivo

es tener una base para elegir las dimensiones más representativas y poder conformar los respectivos modelos para su análisis.

Tabla 5. Análisis de variabilidad de la geometría de piscinas con losa de fondo y pared en concreto reforzado.

	Largo (m)	Ancho (m)	h min (m)	h máx (m)	Relación Largo/ancho	Relación h máx / h min
Mínimo	11,17	5,00	0,60	1,75	1,37	1,84
Máximo	30,00	13,50	0,95	2,15	3,19	3,33
Mediana	15,05	6,90	0,80	1,90	2,22	2,38
Moda	12,70	7,00	0,80	1,90	2,12	2,25
Frecuencia	4	7	15	19		

A partir de los datos de la [Tabla 6](#) se realizan combinaciones de longitud y ancho para cada uno de los valores mínimo, máximo y mediana ([Tabla 7](#)). Se escogen como representativas las que arrojan un valor de relación largo/ ancho lo más cercano a los valores de mínimo, máximo y mediana encontrados en la muestra.

Tabla 6. Combinaciones de dimensiones largo/ancho para modelos de piscina con losa de fondo y pared en concreto reforzado.

Largo (m)	Ancho (m)	Relación Largo/ancho
11,17	5,00	2,23
11,17	13,50	1,21
11,17	6,90	1,62
11,17	7,00	1,60
30,00	5,00	6,00
30,00	13,50	2,22
30,00	6,90	4,35
30,00	7,00	4,29
15,05	5,00	3,01
15,05	13,50	1,11
15,05	6,90	2,18
15,05	7,00	2,15

A cada uno de los valores escogidos se le asignan profundidades acordes a los valores representativos para la relación profundidad máxima/profundidad mínima encontrados en la muestra, dando como resultado el grupo de modelos mostrado en la [Tabla 8](#). Tras un redondeo de medidas se muestran los modelos definitivos en la [Tabla 9](#)

Tabla 7. Combinaciones de posibles geometrías a usar en el análisis de modelos de piscina con losa de fondo y pared en concreto reforzado.

Largo (m)	Ancho (m)	Relación Largo/ancho	h min (m)	h máx (m)	Relación h máx /h min
11,17	13,5	1,21	0,60	1,75	1,37
11,17	13,5	1,21	0,95	2,15	3,19
11,17	13,5	1,21	0,80	1,90	2,38
15,05	5,00	3,01	0,60	1,75	1,37
15,05	5,00	3,01	0,95	2,15	3,19
15,05	5,00	3,01	0,80	1,90	2,38
30,00	13,50	2,22	0,60	1,75	1,37
30,00	13,50	2,22	0,95	2,15	3,19
30,00	13,50	2,22	0,80	1,90	2,38

Tabla 8. Modelos definitivos para el estudio.

Modelo	Largo (m)	Ancho (m)	h min (m)	h máx (m)	Modelo	Largo (m)	Ancho (m)	h min (m)	h máx (m)
UR01	13,5	11,50	0,60	1,75	UR06	15,00	5,00	0,95	2,15
UR02	13,5	11,50	0,80	1,90	UR07	30,00	13,50	0,60	1,75
UR03	13,5	11,50	0,95	2,15	UR08	30,00	13,50	0,80	1,90
UR04	15,00	5,00	0,60	1,75	UR09	30,00	13,50	0,95	2,15
UR05	15,00	5,00	0,80	1,90					

6 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LOS MODELOS DEFINITIVOS

Los modelos definitivos se analizan mediante el software SAP2000©, de la firma Computers and Structures Inc, el cual hace uso del Método de Elementos Finitos para idealizar las estructuras y poder determinar los esfuerzos a que son sometidas bajo diferentes condiciones de carga.

El análisis del conjunto de modelos seleccionado, mediante el software mencionado permitirá determinar la variación de los esfuerzos en sus puntos críticos: unión fondo pared, unión entre paredes y punto medio de cada uno de las paredes. De esta manera es posible formular un modelo de refuerzo para cualquier construcción nueva, valido dentro de los parámetros pajo los que se formula el modelo.

6.1 ACERCA DEL SOFTWARE SAP2000©.

En SAP2000© la modelación de estructuras formadas con elementos continuos, como es el caso de fondo y paredes de tanques y piscinas, se realiza mediante la opción de elementos "shell" incluida en el software.

Básicamente, un elemento de área $l \times h$ es dividido en n elementos de dimensiones $A_l \times A_h$, dimensiones $A_l \times A_h$, conectados entre si por sus cuatro esquinas (joints), puntos donde el donde el software modela la transmisión de esfuerzos provocadas por la condición de de carga. La numeración de estos puntos y de cada uno de los shell es generada automáticamente por el software y permite el seguimiento de los resultados entregados por entregados por el mismo (Figura 7).

Luego de procesado el modelo, el software genera el valor de los esfuerzos sobre cada una de las caras del elemento *shell*. La nomenclatura de estos esfuerzos depende de la posición de sus caras con respecto a un eje coordinado orientado en cada elemento según la regla de la mano derecha. El eje normal al plano que contiene el elemento *shell* está predeterminado como el numero 3, el eje en sentido del índice como número 1 y el eje en sentido del anular como número 2.

De acuerdo a esto se determinan las caras positivas 1,2 y 3 (eje saliendo del elemento) y las caras negativas 1,2 y3 (eje entrando al elemento) .

Figura 7. Ejemplo de modelación de estructuras mediante elementos *shell* en SAP2000©

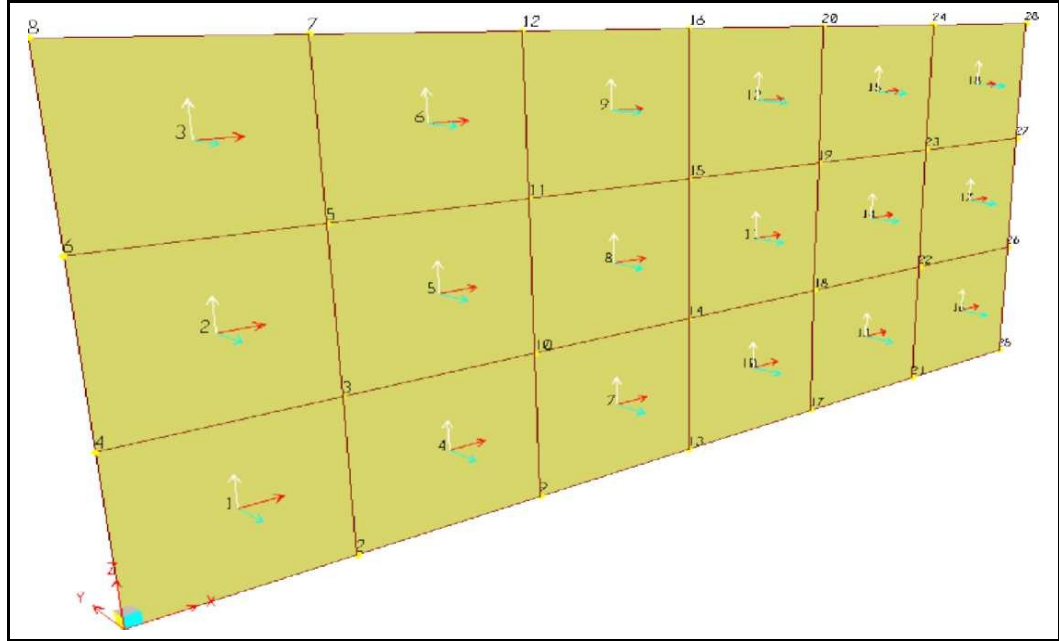
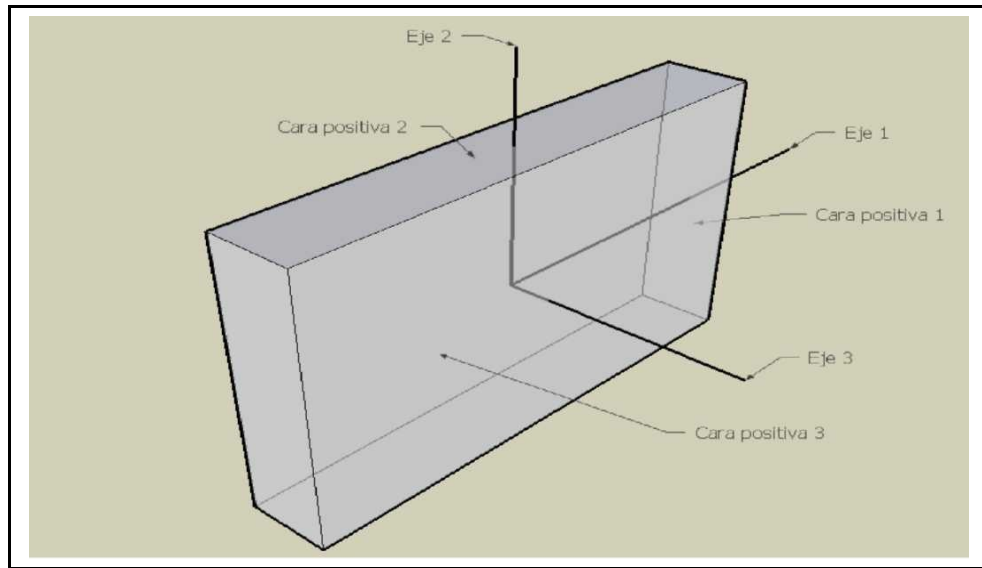


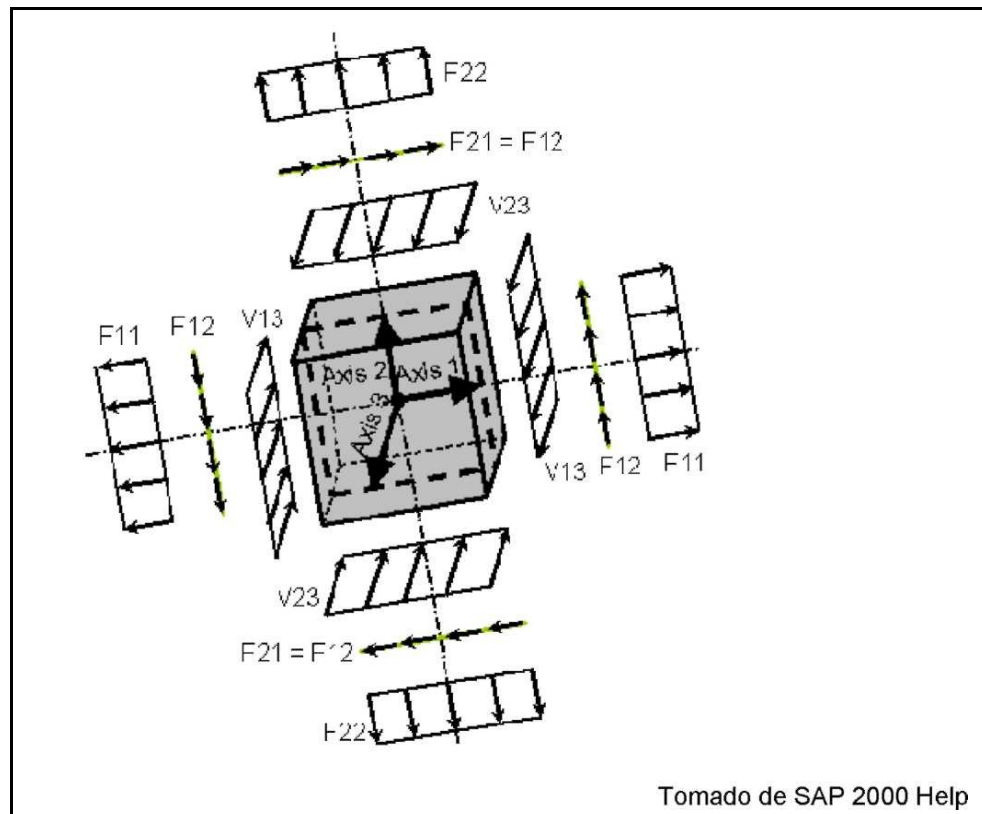
Figura 8. Nomenclatura de ejes y caras para un elemento shell.



Las fuerzas internas principales en un elemento *shell* se identifican como F_{11} , F_{22} , F_{12} (fuerzas axiales compresión tensión), M_{11} , M_{22} , M_{12} (momentos), V_{13} , V_{23} (cortantes). Por principio de equilibrio interno $F_{21}=F_{12}$, $M_{21}= M_{12}$, $F_{12}= F_{21}$, por lo que el software no reporta valores para F_{21} y M_{21} .

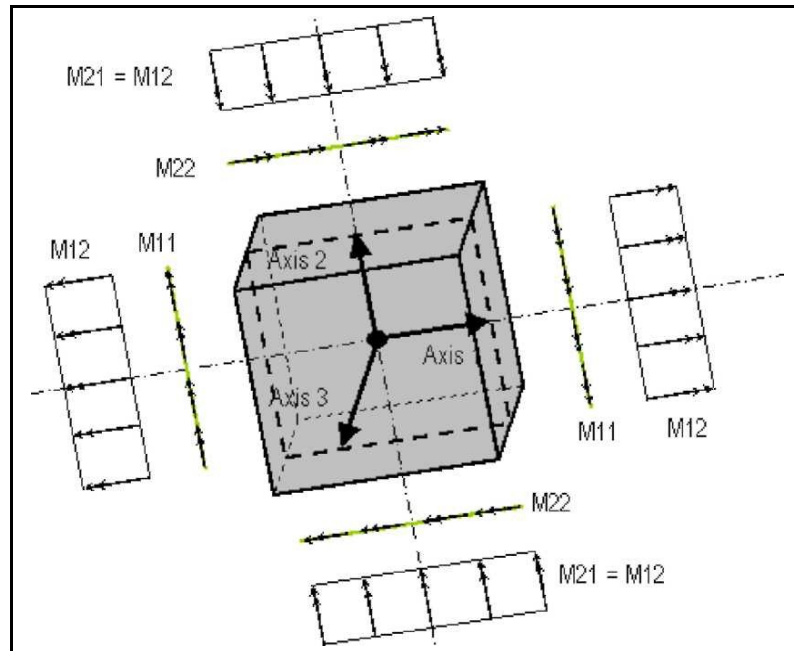
Los subíndices en la anterior nomenclatura se refieren el primero, a la cara del elemento *shell* y el segundo el eje en que actúan. Una ilustración de esto, para el caso de fuerzas axiales y cortantes se muestra en la [Figura 9](#).

Figura 9. Nomenclatura de fuerzas axiales y cortantes internos en un elemento *shell*.



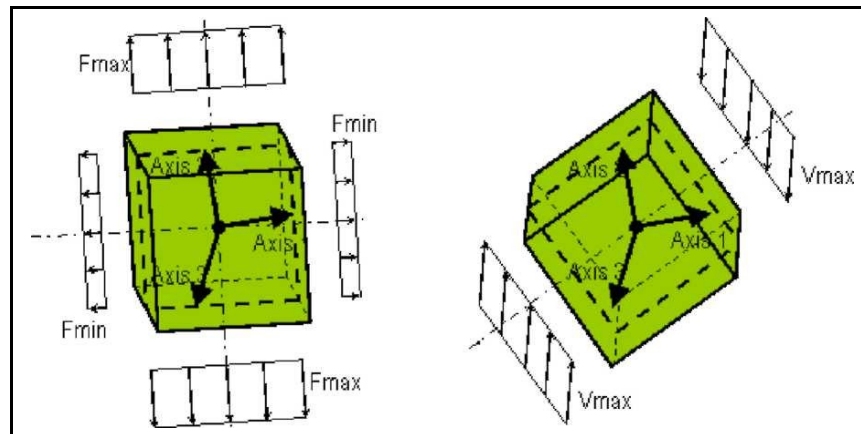
De manera análoga se referencia los momentos internos en un elemento *shell* ([Figura 10](#)). Otro reporte de esfuerzos generados por SAP2000© son los axiales y cortantes máximos F_{MAX} , F_{MIN} , V_{MAX} , V_{MIN} ([Figura 10](#)), y los momentos actuantes M_{MAX} , M_{MIN} ([Figura 11](#)).

Figura 1. Nomenclatura de momentos internos en un elemento *shell*.



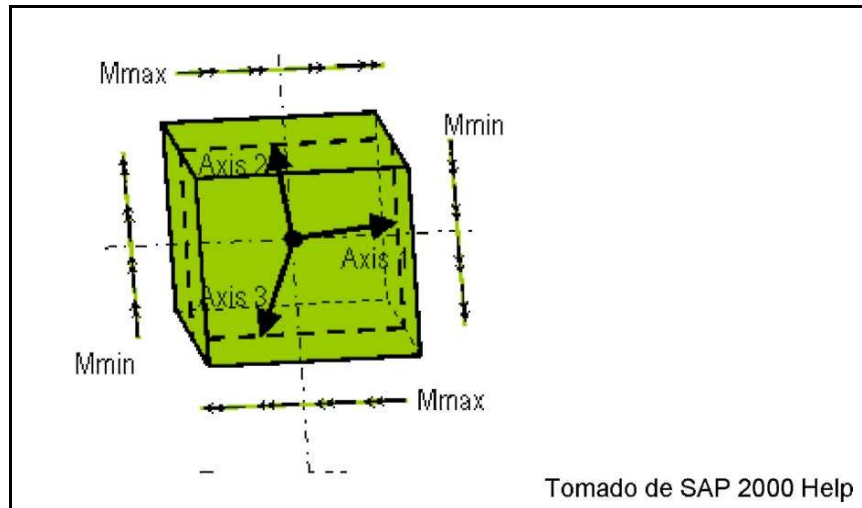
Tomado de SAP 2000 Help

Figura 2. Fuerzas axiales y cortantes internas máximas en un elemento *shell*.



Tomado de SAP 2000 Help

Figura 3. Momento internos máximos en un elemento *shell*.



6.2 PARAMETROS USADOS PARA EL ANALISIS ESTRUCTURAL.

La fidelidad del comportamiento estructural encontrado mediante la utilización de cualquier software, con respecto al comportamiento real del mismo, depende en gran medida de la precisión de las magnitudes representativas de las cualidades mecánicas de los materiales a emplear y de la consideración aproximada de las condiciones bajo las cuales funcionara la estructura.

6.2.1 Parámetros Generales.

Para todos los casos de modelos a estudiar se utilizaran los siguientes parámetros de funcionamiento.

- Como sistema de medidas se empleara el Sistema Internacional. Se toma un valor de aceleración de la gravedad $g = 10 \text{ m/S}^2$ (A.1.7.1 NSR 98).
- Peso por unidad de volumen del agua 10 KN/m^3 .
- No se incluye análisis sísmico de los modelos.
- La losa de fondo se considerara soportada en toda su área por un medio rígido, que transfiere adecuadamente las carga al estrato portante. Se asume que se cuenta con el debido diseno de cimentación o recalce necesario según opinión del Ingeniero de Suelos.

- No se modelara empuje lateral de suelos, ya que basados en el muestreo realizado y dada la poca densidad de construcciones altas en la zona, es posible considerar que no es frecuente la situación analizada en el numeral [3.2.2](#). Debido a esto no se utilizaran en las combinaciones de carga los términos que incluye **H**.
- Se presume que se cumplirá la recomendación primaria de la NSR 98 en cuanto al abatimiento del nivel freático. Por tanto no se incluirá en los modelos el empuje de sub presión de fondo. Adicionalmente la revisión de las características de suelos de la región no da indicios de una importante presencia de arcillas con alto potencial expansivo.

6.2.2 Parámetros Específicos Para Modelos de Unión Rígida Fondo-pared.

Estos parámetros se refieren a la caracterización de las propiedades estructurales del concreto reforzado.

- Densidad del concreto reforzado (masa por unidad de volumen) = 2400 kg/m³ (B.3.2 NSR 98)
- Peso por unidad de volumen del concreto reforzado = 24 kN/m³.
- Modulo de elasticidad del concreto⁶ $E_c = 17914,54716 \text{ MPa} = 17914547,16 \text{ kN/m}^2$.
- Resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 21.1 \text{ MPa} = 21100 \text{ kN/m}^2$.
- Relación de Poisson del concreto = 0.20 (C.8.5.4.2 NSR 98)
- Coeficiente de expansión térmica del concreto $1E^{-9} \sim 0.0$
- Modulo de elasticidad del acero $E_s = 200000 \text{ MPa} = 200000000 \text{ kN/m}^2$
- Resistencia a la fluência del acero $f_y = 420 \text{ MPa} = 420000 \text{ kN/m}^2$.
- Espesores de fondo y pared 0.25 m y 0.20 m respectivamente.

6.2.3 Parámetros Específicos Para Modelos de Unión libre Fondo-pared.

Para la losa de fondo se mantienen los parámetros mencionados para el concreto reforzado y se utilizan para la modelación de las paredes de mampostería los siguientes:

- Densidad de la mampostería de ladrillo macizo (masa por unidad de volumen) = 1800 kg/m^3 (B.3.2 NSR 98)⁶ Calculado según la ecuación C.8-2d NSR 98. Peso por unidad de volumen de la mampostería de ladrillo macizo = 18 kN/m^3 .
- Modulo de elasticidad del concreto $E_m = 17914,54716 \text{ MPa} = 17914547,16 \text{ kN/m}^2$.
- Resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 21.1 \text{ MPa} = 21100 \text{ kN/m}^2$.
- Relación de Poisson del concreto = 0.20 (C.8.5.4.2 NSR 98)
- Coeficiente de expansión térmica del concreto $1E^{-9} \sim 0.0$

6.3 ANALISIS TIPO DE MODELO UNION RIGIDA FONDO-PARED.

Se muestra a continuación de manera detallada la serie de pasos seguidos para la modelación y análisis del modelo de unión rígida fondo-pared UR-01.

- **Paso 1.** Introducción de las dimensiones del modelo. Se edita el sistema de coordenadas de una plantilla en blanco de Sap2000[®] para generar las dimensiones del modelo, luego se dibujan los elementos *shell* correspondientes a fondo y pared. Es importante fijar las unidades a utilizar ($\text{kN-m-}^\circ\text{C}$) y verificar que todos los elementos queden orientados con su cara positiva hacia dentro (figura 14)
- **Paso 2.** Asignación de las propiedades de materiales y espesor de secciones.
- **Paso 3.** Definición de los casos de carga a usar, *DEAD* y *FLUIDS*, para carga muerta (D) y presión de fluidos (F) respectivamente.
- **Paso 4.** Definición de las combinaciones de cargas así:

$$COMB1 = 1.4D + 1.7F$$

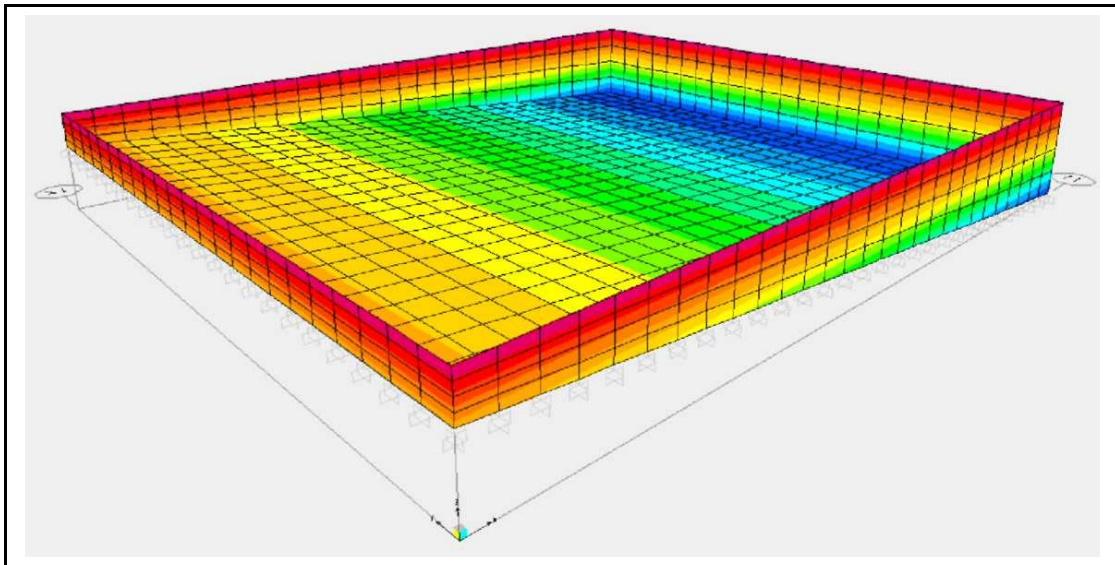
Donde D corresponde a los cargas muertas debido a peso propio y/o elementos permanentes.

- **Paso 5.** Modelación de la presión hidrostática, a partir de la opción *joint patterns* de Sap2000[®], la cual asigna a cada nudo de los elementos *shell* el correspondiente valor de carga según su profundidad.

- **Paso 6.** Redacción de tablas de datos de ingresados al programa y de salidas de resultados.

La [Figura 13](#) muestra el primer modelo introducido en SAP2000®, en la cual pueden observarse las divisiones correspondientes a los elementos *shell* y la distribución de los esfuerzos debidos a la carga hidrostática.

Figura 4. Distribución de esfuerzos por presión hidrostática del modelo UR-01 en Sap 2000®



A continuación se muestran las tablas de ingreso de datos generadas por SAP200® para el primer modelo en estudio:

Tabla 9. Datos de entrada SAP200® modelo UR-01: Project Information

Item	Data
Text	Text
Client Name	Universidad Minuto de Dios Girardot
Project Name	Modelación estructural de Piscinas
Model Description	Modelo de unión rígida fondo-pared
Model Name	UR-01
Frame Type	Shell
Engineer	C. Buitrago; H. Nustes; J. M. Suarez

Tabla 10. Datos de entrada SAP200® modelo UR-01: Coordinate Systems

Name	Type	X	Y	Z	AboutZ	AboutY	AboutX
Text	Text	m	m	m	Degrees	Degrees	Degrees
GLOBAL	Cartesian	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,000

Tabla 11. Datos de entrada SAP200® modelo UR-01: Grid Lines

CoordSys	AxisDir	GridID	XRYZCoord	LineType	Visible	CoordSys	BubbleL
Text	Text	Text	m	Text	Yes/No	Text	Text
GLOBAL	X	X1	0,00000	Primary	Yes	GLOBAL	Start
GLOBAL	X	X2	13,50000	Primary	Yes	GLOBAL	Start
GLOBAL	Y	Y1	0,00000	Primary	Yes	GLOBAL	Start
GLOBAL	Y	Y2	11,50000	Primary	Yes	GLOBAL	Start
GLOBAL	Z	Z1	0,00000	Primary	Yes	GLOBAL	End
GLOBAL	Z	Z2	1,15000	Primary	Yes	GLOBAL	End
GLOBAL	Z	Z3	1,75000	Primary	Yes	GLOBAL	End

Tabla 12. Datos de entrada SAP200® modelo UR-01: Material Properties - General

Material	Type	DesignType	UnitMass	UnitWeight	E
Text	Text	Text	KN-s2/m4	KN/m3	KN/m2
CCTO21.1MPa	Isotropic	Concrete	2,4000E+03	2,4000E+01	17914547,16

Tabla 13. Datos de entrada SAP200® modelo UR-01: Material Properties - Design Concrete

Material	Type	DesignType	UnitMass	UnitWeight	E
Text	Text	Text	KN-s2/m4	KN/m3	KN/m2
CCTO21.1MPa	Isotropic	Concrete	2,4000E+03	2,4000E+01	17914547,16

Tabla 14. Datos de entrada SAP200® modelo UR-01: Area Section Properties

Section	Material	AreaType	Type	Thickness	TotalWt	TotalMass
Text	Text	Text	Text	m	KN	KN-s2/m
FONDO	CCTO21.1MPa	Shell	Shell-Thin	0,250000	934,874	93487,36
PARED	CCTO21.1MPa	Shell	Shell-Thin	0,200000	282,000	28200,00

Tabla 15. Datos de entrada SAP200® modelo UR-01: Load Case Definitions

LoadCase	DesignType	SelfWtMult	AutoLoad
Text	Text	Unitless	Text
DEAD	DEAD	1,000000	
FLUIDS	WATER PRESURE	0,000000	

Tabla 16. Datos de entrada SAP200® modelo UR-01: Analysis Case Definitions

Case	Type	InitialCond	ModalCase	RunCase
Text	Text	Text	Text	Yes/No
DEAD	LinStatic	Zero		Yes
FLUIDS	LinStatic	Zero		Yes

Tabla 17. Datos de entrada SAP200® modelo UR-01: Combination Definitions

ComboName	ComboType	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Text	Text	Unitless
COMB1 COMB1	Linear Add Linear Add	Linear Static Linear Static	DEAD FLUIDS	1,400000 1,700000

La tabla (24) muestra los datos de salida para los elementos *shell* que conforman el marco vertical en "U" en sentido longitudinal correspondiente al centro del lado corto figura (14)

Figura 5. Nomenclatura de elementos *shell* para marco vertical en "U", sentido longitudinal en el modelo UR-01.

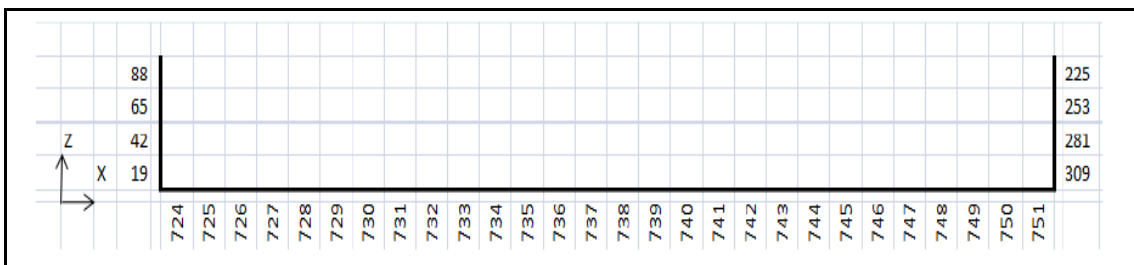


Tabla 18. Datos de salida SAP200® modelo UR-01: Element Forces Area Shells.

Area	Joint	OutputCase	F11	F22	F12	FMax	FMin
Text	Text	Text	KN/m	KN/m	KN/m	KN/m	KN/m
88	91	COMB1	-0,10	-0,50	0,00	-0,10	-0,50
88	114	COMB1	-0,10	-0,50	0,00	-0,10	-0,50
88	115	COMB1	-0,10	-0,50	0,00	-0,10	-0,50
88	92	COMB1	-0,10	-0,50	0,00	-0,10	-0,50
65	67	COMB1	-0,30	-1,51	0,00	-0,30	-1,51
65	91	COMB1	-0,30	-1,51	0,00	-0,30	-1,51
65	92	COMB1	-0,30	-1,51	0,00	-0,30	-1,51
65	68	COMB1	-0,30	-1,51	0,00	-0,30	-1,51
42	31	COMB1	-0,50	-2,52	0,00	-0,50	-2,52
42	67	COMB1	-0,50	-2,52	0,00	-0,50	-2,52
42	68	COMB1	-0,50	-2,52	0,00	-0,50	-2,52
42	33	COMB1	-0,50	-2,52	0,00	-0,50	-2,52
19	32	COMB1	-0,71	-3,53	0,00	-0,71	-3,53
19	31	COMB1	-0,71	-3,53	0,00	-0,71	-3,53
19	33	COMB1	-0,71	-3,53	0,00	-0,71	-3,53
19	34	COMB1	-0,71	-3,53	0,00	-0,71	-3,53
724	32	COMB1	0,73	3,67	0,02	3,67	0,73
724	34	COMB1	0,73	3,67	-0,02	3,67	0,73
724	809	COMB1	0,60	3,64	-0,02	3,64	0,60
724	782	COMB1	0,60	3,64	0,02	3,64	0,60
725	782	COMB1	0,55	3,38	0,01	3,38	0,55
725	809	COMB1	0,55	3,38	-0,01	3,38	0,55
725	810	COMB1	0,44	3,36	-0,01	3,36	0,44
725	783	COMB1	0,44	3,36	0,01	3,36	0,44
726	783	COMB1	0,39	3,09	0,01	3,09	0,39
726	810	COMB1	0,39	3,09	-0,01	3,09	0,39
726	811	COMB1	0,32	3,08	-0,01	3,08	0,32
726	784	COMB1	0,32	3,08	0,01	3,08	0,32
727	784	COMB1	0,26	2,80	0,01	2,80	0,26
727	811	COMB1	0,26	2,80	-0,01	2,80	0,26
727	812	COMB1	0,23	2,79	-0,01	2,79	0,23
727	785	COMB1	0,23	2,79	0,01	2,79	0,23
728	785	COMB1	0,17	2,51	0,01	2,51	0,17
728	812	COMB1	0,17	2,51	-0,01	2,51	0,17
728	813	COMB1	0,16	2,51	-0,01	2,51	0,16
728	786	COMB1	0,16	2,51	0,01	2,51	0,16
729	786	COMB1	0,10	2,22	0,02	2,22	0,10
729	813	COMB1	0,10	2,22	-0,02	2,22	0,10
729	814	COMB1	0,11	2,22	-0,02	2,22	0,11
729	787	COMB1	0,11	2,22	0,02	2,22	0,11
730	787	COMB1	0,05	1,94	0,02	1,94	0,05

730	814	COMB1	0,05	1,94	-0,02	1,94	0,05
730	815	COMB1	0,07	1,94	-0,02	1,94	0,07
730	788	COMB1	0,07	1,94	0,02	1,94	0,07
731	788	COMB1	0,02	1,66	0,02	1,66	0,02
731	815	COMB1	0,02	1,66	-0,02	1,66	0,02
731	816	COMB1	0,05	1,67	-0,02	1,67	0,05
731	789	COMB1	0,05	1,67	0,02	1,67	0,05
732	789	COMB1	0,00	1,39	0,02	1,39	0,00
732	816	COMB1	0,00	1,39	-0,02	1,39	0,00
732	817	COMB1	0,04	1,40	-0,02	1,40	0,04
732	790	COMB1	0,04	1,40	0,02	1,40	0,04
733	790	COMB1	-0,02	1,13	0,02	1,13	-0,02
733	817	COMB1	-0,02	1,13	-0,02	1,13	-0,02
733	818	COMB1	0,03	1,14	-0,02	1,14	0,03
733	791	COMB1	0,03	1,14	0,02	1,14	0,03
734	791	COMB1	-0,03	0,87	0,02	0,87	-0,03
734	818	COMB1	-0,03	0,87	-0,02	0,87	-0,03
734	819	COMB1	0,02	0,88	-0,02	0,88	0,02
734	792	COMB1	0,02	0,88	0,02	0,88	0,02
735	792	COMB1	-0,03	0,62	0,02	0,62	-0,03
735	819	COMB1	-0,03	0,62	-0,02	0,62	-0,03
735	820	COMB1	0,02	0,63	-0,02	0,63	0,02
735	793	COMB1	0,02	0,63	0,02	0,63	0,02
736	793	COMB1	-0,03	0,37	0,03	0,37	-0,03
736	820	COMB1	-0,03	0,37	-0,03	0,37	-0,03
736	821	COMB1	0,02	0,38	-0,03	0,38	0,02
736	794	COMB1	0,02	0,38	0,03	0,38	0,02
737	794	COMB1	-0,03	0,12	0,03	0,12	-0,03
737	821	COMB1	-0,03	0,12	-0,03	0,12	-0,03
737	822	COMB1	0,03	0,13	-0,03	0,13	0,02
737	822	COMB1	0,03	0,13	-0,03	0,13	0,02
737	795	COMB1	0,03	0,13	0,03	0,13	0,02
738	795	COMB1	-0,03	-0,13	0,03	-0,02	-0,13
738	822	COMB1	-0,03	-0,13	-0,03	-0,02	-0,13
738	823	COMB1	0,03	-0,12	-0,03	0,03	-0,12
738	796	COMB1	0,03	-0,12	0,03	0,03	-0,12
739	796	COMB1	-0,02	-0,38	0,03	-0,02	-0,38
739	823	COMB1	-0,02	-0,38	-0,03	-0,02	-0,38
739	824	COMB1	0,03	-0,37	-0,03	0,03	-0,37
739	797	COMB1	0,03	-0,37	0,03	0,03	-0,37
740	797	COMB1	-0,02	-0,63	0,02	-0,02	-0,63
740	824	COMB1	-0,02	-0,63	-0,02	-0,02	-0,63
740	825	COMB1	0,03	-0,62	-0,02	0,03	-0,62
740	798	COMB1	0,03	-0,62	0,02	0,03	-0,62
741	798	COMB1	-0,02	-0,88	0,02	-0,02	-0,88
741	825	COMB1	-0,02	-0,88	-0,02	-0,02	-0,88
741	826	COMB1	0,03	-0,87	-0,02	0,03	-0,87
741	799	COMB1	0,03	-0,87	0,02	0,03	-0,87
742	799	COMB1	-0,03	-1,14	0,02	-0,03	-1,14

742	826	COMB1	-0,03	-1,14	-0,02	-0,03	-1,14
742	827	COMB1	0,02	-1,13	-0,02	0,02	-1,13
742	800	COMB1	0,02	-1,13	0,02	0,02	-1,13
743	800	COMB1	-0,04	-1,40	0,02	-0,04	-1,40
743	827	COMB1	-0,04	-1,40	-0,02	-0,04	-1,40
743	828	COMB1	0,00	-1,39	-0,02	0,00	-1,39
743	801	COMB1	0,00	-1,39	0,02	0,00	-1,39
744	801	COMB1	-0,05	-1,67	0,02	-0,05	-1,67
744	828	COMB1	-0,05	-1,67	-0,02	-0,05	-1,67
744	829	COMB1	-0,02	-1,66	-0,02	-0,02	-1,66
744	802	COMB1	-0,02	-1,66	0,02	-0,02	-1,66
745	802	COMB1	-0,07	-1,94	0,02	-0,07	-1,94
745	829	COMB1	-0,07	-1,94	-0,02	-0,07	-1,94
745	830	COMB1	-0,05	-1,94	-0,02	-0,05	-1,94
745	803	COMB1	-0,05	-1,94	0,02	-0,05	-1,94
746	803	COMB1	-0,11	-2,22	0,02	-0,11	-2,22
746	830	COMB1	-0,11	-2,22	-0,02	-0,11	-2,22
746	831	COMB1	-0,10	-2,22	-0,02	-0,10	-2,22
746	804	COMB1	-0,10	-2,22	0,02	-0,10	-2,22
747	804	COMB1	-0,16	-2,51	0,01	-0,16	-2,51
747	831	COMB1	-0,16	-2,51	-0,01	-0,16	-2,51
747	832	COMB1	-0,17	-2,51	-0,01	-0,17	-2,51
747	805	COMB1	-0,17	-2,51	0,01	-0,17	-2,51
748	805	COMB1	-0,23	-2,79	0,01	-0,23	-2,79
748	832	COMB1	-0,23	-2,79	-0,01	-0,23	-2,79
748	833	COMB1	-0,26	-2,80	-0,01	-0,26	-2,80
748	806	COMB1	-0,26	-2,80	0,01	-0,26	-2,80
749	806	COMB1	-0,32	-3,08	0,01	-0,32	-3,08
749	833	COMB1	-0,32	-3,08	-0,01	-0,32	-3,08
749	834	COMB1	-0,39	-3,09	-0,01	-0,39	-3,09
749	807	COMB1	-0,39	-3,09	0,01	-0,39	-3,09
750	807	COMB1	-0,44	-3,36	0,01	-0,44	-3,36
750	834	COMB1	-0,44	-3,36	-0,01	-0,44	-3,36
750	835	COMB1	-0,55	-3,38	-0,01	-0,55	-3,38
750	808	COMB1	-0,55	-3,38	0,01	-0,55	-3,38
751	808	COMB1	-0,60	-3,64	0,02	-0,60	-3,64
751	835	COMB1	-0,60	-3,64	-0,02	-0,60	-3,64
751	423	COMB1	-0,73	-3,67	-0,02	-0,73	-3,67
751	425	COMB1	-0,73	-3,67	0,02	-0,73	-3,67
309	359	COMB1	-1,13	-6,60	0,26	-1,12	-6,61
309	387	COMB1	-1,29	-6,63	-0,07	-1,29	-6,63
309	388	COMB1	-1,33	-6,85	-0,04	-1,33	-6,85
309	360	COMB1	-1,17	-6,82	0,29	-1,15	-6,84
281	331	COMB1	-0,73	-4,73	0,03	-0,73	-4,73
281	359	COMB1	-0,78	-4,74	0,17	-0,78	-4,75
281	360	COMB1	-0,81	-4,91	0,19	-0,81	-4,92
281	332	COMB1	-0,76	-4,90	0,05	-0,76	-4,90
253	288	COMB1	-0,29	-2,84	0,05	-0,29	-2,84
253	331	COMB1	-0,35	-2,85	0,07	-0,35	-2,85

253	332	COMB1	-0,37	-2,96	0,08	-0,37	-2,96
253	290	COMB1	-0,32	-2,95	0,06	-0,31	-2,95
225	289	COMB1	0,11	-0,94	0,00	0,11	-0,94
225	288	COMB1	0,08	-0,95	0,04	0,08	-0,95
225	290	COMB1	0,07	-0,99	0,04	0,07	-1,00
225	291	COMB1	0,10	-0,99	0,01	0,10	-0,99

Tabla 19. Datos de salida SAP200® modelo UR-01: Element Forces Area Shells.

Area	Joint	M11	M22	M12	MMax	MMin	VMax
Text	Text	KN-m/m	KN-m/m	KN-m/m	KN-m/m	KN-m/m	KN/m
88	91	-0,002	-0,010	0,000	-0,002	-0,010	0,064
88	114	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,064
88	115	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,064
88	92	-0,002	-0,010	0,000	-0,002	-0,010	0,064
65	67	-0,015	-0,077	0,000	-0,015	-0,077	0,450
65	91	-0,002	-0,010	0,000	-0,002	-0,010	0,450
65	92	-0,002	-0,010	0,000	-0,002	-0,010	0,450
65	68	-0,015	-0,077	0,000	-0,015	-0,077	0,450
42	31	-0,052	-0,258	0,000	-0,052	-0,258	1,210
42	67	-0,015	-0,077	0,000	-0,015	-0,077	1,210
42	68	-0,015	-0,077	0,000	-0,015	-0,077	1,210
42	33	-0,052	-0,258	0,000	-0,052	-0,258	1,210
19	32	-0,122	-0,612	0,000	-0,122	-0,612	2,360
19	31	-0,052	-0,258	0,000	-0,052	-0,258	2,360
19	33	-0,052	-0,258	0,000	-0,052	-0,258	2,360
19	34	-0,122	-0,612	0,000	-0,122	-0,612	2,360
724	32	-35,972	-179,861	-0,412	-35,971	-179,862	112,900
724	34	-35,972	-179,861	0,412	-35,971	-179,862	112,900
724	809	-23,290	-126,026	0,412	-23,288	-126,027	112,900
724	782	-23,290	-126,026	-0,412	-23,288	-126,027	112,900
725	782	-23,297	-126,062	-1,082	-23,286	-126,073	94,310
725	809	-23,297	-126,062	1,082	-23,286	-126,073	94,310
725	810	-9,564	-82,520	1,082	-9,547	-82,536	94,310
725	783	-9,564	-82,520	-1,082	-9,547	-82,536	94,310
726	783	-9,570	-82,550	-1,546	-9,537	-82,583	78,510
726	810	-9,570	-82,550	1,546	-9,537	-82,583	78,510
726	811	4,610	-47,552	1,546	4,656	-47,598	78,510
726	784	4,610	-47,552	-1,546	4,656	-47,598	78,510
727	784	4,605	-47,577	-1,839	4,670	-47,642	65,170
727	811	4,605	-47,577	1,839	4,670	-47,642	65,170
727	812	18,743	-19,603	1,839	18,831	-19,691	65,170
727	785	18,743	-19,603	-1,839	18,831	-19,691	65,170
728	785	18,739	-19,623	-1,994	18,842	-19,726	53,960
728	812	18,739	-19,623	1,994	18,842	-19,726	53,960
728	813	32,449	2,628	1,994	32,582	2,496	53,960
728	786	32,449	2,628	-1,994	32,582	2,496	53,960

729	786	32,446	2,613	-2,037	32,585	2,474	44,580
729	813	32,446	2,613	2,037	32,585	2,474	44,580
729	814	45,435	20,242	2,037	45,599	20,078	44,580
729	787	45,435	20,242	-2,037	45,599	20,078	44,580
730	787	45,433	20,229	-1,992	45,589	20,073	36,760
730	814	45,433	20,229	1,992	45,589	20,073	36,760
730	815	57,473	34,162	1,992	57,642	33,993	36,760
730	788	57,473	34,162	-1,992	57,642	33,993	36,760
731	788	57,471	34,151	-1,877	57,621	34,001	30,250
731	815	57,471	34,151	1,877	57,621	34,001	30,250
731	816	68,391	45,157	1,877	68,541	45,006	30,250
731	789	68,391	45,157	-1,877	68,541	45,006	30,250
732	789	68,389	45,149	-1,705	68,513	45,024	24,820
732	816	68,389	45,149	1,705	68,513	45,024	24,820
732	817	78,052	53,859	1,705	78,172	53,739	24,820
732	790	78,052	53,859	-1,705	78,172	53,739	24,820
733	790	78,051	53,852	-1,489	78,142	53,761	20,260
733	817	78,051	53,852	1,489	78,142	53,761	20,260
733	818	86,351	60,776	1,489	86,437	60,690	20,260
733	791	86,351	60,776	-1,489	86,437	60,690	20,260
734	791	86,349	60,771	-1,236	86,409	60,711	16,380
734	818	86,349	60,771	1,236	86,409	60,711	16,380
734	819	93,197	66,303	1,236	93,253	66,246	16,380
734	792	93,197	66,303	-1,236	93,253	66,246	16,380
735	792	93,196	66,298	-0,954	93,230	66,265	12,960
735	819	93,196	66,298	0,954	93,230	66,265	12,960
735	820	98,514	70,725	0,954	98,546	70,692	12,960
735	793	98,514	70,725	-0,954	98,546	70,692	12,960
736	793	98,513	70,722	-0,650	98,528	70,706	9,840
736	820	98,513	70,722	0,650	98,528	70,706	9,840
736	821	102,231	74,226	0,650	102,246	74,211	9,840
736	794	102,231	74,226	-0,650	102,246	74,211	9,840
737	794	102,230	74,224	-0,327	102,234	74,220	6,810
737	821	102,230	74,224	0,327	102,234	74,220	6,810
737	822	104,282	76,887	0,327	104,286	76,883	6,810
737	795	104,282	76,887	-0,327	104,286	76,883	6,810
738	795	104,281	76,885	0,009	104,281	76,885	3,680
738	822	104,281	76,885	-0,009	104,281	76,885	3,680
738	823	104,602	78,684	-0,009	104,602	78,684	3,680
738	796	104,602	78,684	0,009	104,602	78,684	3,680
739	796	104,602	78,683	0,352	104,606	78,678	0,250

739	823	104,602	78,683	-0,352	104,606	78,678	0,250
739	824	103,129	79,486	-0,352	103,134	79,481	0,250
739	797	103,129	79,486	0,352	103,134	79,481	0,250
740	797	103,129	79,486	0,696	103,150	79,466	3,690
740	824	103,129	79,486	-0,696	103,150	79,466	3,690
740	825	99,808	79,046	-0,696	99,831	79,023	3,690
740	798	99,808	79,046	0,696	99,831	79,023	3,690
741	798	99,808	79,048	1,035	99,860	78,997	8,380
741	825	99,808	79,048	-1,035	99,860	78,997	8,380
741	826	94,591	76,996	-1,035	94,651	76,935	8,380
741	799	94,591	76,996	1,035	94,651	76,935	8,380
742	799	94,591	76,999	1,358	94,696	76,895	14,050
742	826	94,591	76,999	-1,358	94,696	76,895	14,050
742	827	87,447	72,827	-1,358	87,572	72,702	14,050
742	800	87,447	72,827	1,358	87,572	72,702	14,050
743	800	87,448	72,833	1,655	87,633	72,648	20,980
743	827	87,448	72,833	-1,655	87,633	72,648	20,980
743	828	78,370	65,886	-1,655	78,586	65,670	20,980
743	801	78,370	65,886	1,655	78,586	65,670	20,980
744	801	78,372	65,894	1,910	78,658	65,608	29,430
744	828	78,372	65,894	-1,910	78,658	65,608	29,430
744	829	67,391	55,349	-1,910	67,686	55,054	29,430
744	802	67,391	55,349	1,910	67,686	55,054	29,430
745	802	67,393	55,361	2,105	67,750	55,003	39,730
745	829	67,393	55,361	-2,105	67,750	55,003	39,730
745	830	54,585	40,211	-2,105	54,887	39,910	39,730
745	803	54,585	40,211	2,105	54,887	39,910	39,730
746	803	54,588	40,227	2,218	54,922	39,892	52,190
746	830	54,588	40,227	-2,218	54,922	39,892	52,190
746	831	40,094	19,263	-2,218	40,327	19,030	52,190
746	804	40,094	19,263	2,218	40,327	19,030	52,190
747	804	40,098	19,283	2,221	40,332	19,049	67,190
747	831	40,098	19,283	-2,221	40,332	19,049	67,190
747	832	24,138	-8,928	-2,221	24,286	-9,077	67,190
747	805	24,138	-8,928	2,221	24,286	-9,077	67,190
748	805	24,143	-8,903	2,084	24,274	-9,034	85,080
748	832	24,143	-8,903	-2,084	24,274	-9,034	85,080
748	833	7,034	-46,036	-2,084	7,116	-46,118	85,080
748	806	7,034	-46,036	2,084	7,116	-46,118	85,080
749	806	7,041	-46,005	1,772	7,100	-46,064	106,250
749	833	7,041	-46,005	-1,772	7,100	-46,064	106,250

749	834	-10,788	-93,989	-1,772	-10,751	-94,027	106,250
749	807	-10,788	-93,989	1,772	-10,751	-94,027	106,250
750	807	-10,781	-93,952	1,248	-10,762	-93,971	131,090
750	834	-10,781	-93,952	-1,248	-10,762	-93,971	131,090
750	835	-28,781	-154,968	-1,248	-28,769	-154,981	131,090
750	808	-28,781	-154,968	1,248	-28,769	-154,981	131,090
751	808	-28,773	-154,926	0,476	-28,771	-154,927	159,930
751	835	-28,773	-154,926	-0,476	-28,771	-154,927	159,930
751	423	-46,278	-231,390	-0,476	-46,277	-231,391	159,930
751	425	-46,278	-231,390	0,476	-46,277	-231,391	159,930
309	360	-0,315	-2,022	-0,335	-0,252	-2,085	9,260
309	359	-0,574	-1,881	-0,307	-0,506	-1,950	8,410
309	387	-0,886	-4,276	-0,301	-0,860	-4,302	8,390
309	388	-0,984	-4,751	-0,332	-0,955	-4,780	9,230
281	331	-0,202	-0,590	-0,314	-0,027	-0,765	4,520
281	359	-0,574	-1,881	-0,306	-0,506	-1,949	4,530
281	360	-0,315	-2,021	-0,335	-0,252	-2,084	4,660
281	332	-0,202	-0,646	-0,332	-0,025	-0,823	4,650
253	288	-0,123	-0,101	-0,316	0,204	-0,429	1,690
253	331	-0,202	-0,589	-0,314	-0,026	-0,765	1,690
253	332	-0,202	-0,646	-0,331	-0,026	-0,822	1,800
253	290	-0,118	-0,106	-0,331	0,219	-0,443	1,810
225	289	-0,115	0,001	-0,316	0,264	-0,378	0,330
225	288	-0,123	-0,101	-0,316	0,204	-0,428	0,330
225	290	-0,118	-0,106	-0,330	0,219	-0,442	0,330
225	291	-0,127	-0,001	-0,330	0,273	-0,400	0,330

6.4 OTROS ANALISIS DE MODELOS UNION RIGIDA FONDO-PARED.

Los restantes modelos de union rigida fondo-pared se someten a una analisis analogo al anterior mediante el software Sap 2000. Su modelacion se realizo de forma tal que tuvieran la misma cantidad de elementos shell en paredes y fondo y que el numero de referencia del SAP fueran igualmente el mismo. De esta forma se facilita la extraccion de datos de los archivos de resultados del SAP y su posterior organizacion y analisis.

7 ESTUDIO DE ESFUERZOS EN MODELOS UNIÓN RIGIDA FONDO PARED

7.1 DETERMINACIÓN EN LAS ESTRUCTURA DE LOS PUNTOS DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS.

Tomando como base las figuras 6 y 13, donde se esquematizan los puntos de concentración de los esfuerzos en las paredes y fondo de un modelo de piscina con unión rígida fondo pared se determinaron los elementos Shell de cada modelo cuyos esfuerzos se compararían a través de los diferentes modelos analizados. La Tabla 20 21 muestra la identificación de los nudos y el esfuerzo que se considera.

Tabla 20. Identificación de elementos Shell para el analisis de resultados.

No elemento shell	Esfuerzo estudiado
19	Esfuerzo en la unión losa de fondo - profundidad menor
309	Esfuerzo en la unión losa de fondo profundidad mayor
738	Esfuerzo en el centro de luz losa de fondo

7.2 ESPECIFICACIONES DE ANALISIS Y DISEÑO APLICABLES A LOS MODELOS ESTUDIADOS.

Las indicaciones pertinentes a este tipo de estructura se encuentran en Título C de la NRS 98 “Concreto Estructural”. Entre otras especificaciones se citan:

- C.20.2.4 - REFUERZO DE RETRACCION Y TEMPERATURA - *El refuerzo de retracción y temperatura deben ser barras corrugadas al menos N° 3 (3/8”) ó 10 M (10 mm) para muros y losas de 200 mm de espesor y N° 4 (1/2”) ó 12M (12 mm) para muros y losas de más de 200 mm de espesor. La separación máxima del refuerzo es de 300 mm centro a centro en cada cara.*
- C.20.3.6 - DISTRIBUCION DEL REFUERZO - El refuerzo de flexión debe cumplir los requisitos de C.10.6 respecto a su distribución y separación.
- C.20.3.2 - METODOLOGIA DE DISEÑO - El diseño estructural para flexión puede realizarse por cualquiera de los dos métodos aceptados por el Título C:

(a) el método de la resistencia, tal como lo define el Título B, y aplicando los principios enunciados en los Capítulos C.9 y C.10, y

(b) el método de los esfuerzos de trabajo, tal como los define el Título B y siguiendo los principios enunciados en el Apéndice C-A (Este método solo se permite para el diseño en flexión).

- C.10.5 - REFUERZO MINIMO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXION.
C.10.5.1 - En toda sección de un elemento sometido a flexión donde debido al análisis se requiera refuerzo a tracción, exceptuando lo prescrito en C.10.5.2 a C.10.5.5, el A_s suministrado no debe ser menor que el dado por:

$$A_{s,\min} = \rho_{\min} db_w = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} db_w \geq \frac{1.4}{f_y} db_w$$

C.10.3.3 - En los elementos sometidos a flexión o a flexo-compresión, cuya resistencia de diseño a fuerza axial fP_n sea menor que la más pequeña entre $0.10f_c A_g$ y fP_b , la cuantía del refuerzo que se suministre no debe exceder de $0.75r_b$ donde r_b es la cuantía que produce condiciones de falla balanceadas de deformación para la sección sometida a flexión sin fuerza axial. Para los elementos con refuerzo de compresión, la porción de r_b equilibrada por el refuerzo de compresión, no debe reducirse por el factor **0.75**.

Estas especificaciones se compararan con las exigencias de refuerzo arrojadas para los niveles de esfuerzos encontrados en los modelos analizados y se procederá a conceptuar sobre un modelo general de refuerzos.

7.3 RESUMEN DE ESFUERZOS Y DETERMINACION DE CUANTIAS PARA ELEMENTOS EN LA UNIÓN LOSA DE FONDO - PROFUNDIDAD MENOR.

Se presenta el resumen de los resultados de SAP 2000[®], para cada uno de los modelos estudiados en el elemento Shell 19.

Tabla 21. Esfuerzos significativos en la union losa de fondo profundidad menor.

Modelo	Shell	M11	M22
		KN-m/m	KN-m/m
UR01	19	-0,1224	-0,612
UR02	19	-0,1632	-0,816

UR03	19	-0,1938	-0,969
------	----	---------	--------

Los valores de esfuerzo para el calculo del refuerzo (véase Figura 11) corresponden a :

M_{11} para el refuerzo longitudinal en sentido vertical.

M_{22} para el refuerzo longitudinal en sentido horizontal.

El analisis del refuerzo requerido se baso en secciones de 1.00 m y el espesor nominal usado en la modelación (200 mm para paredes y 250 mm para losa de fondo). El procedimiento para el calculo del refuerzo en las secciones estudiadas se determina siguiendo las metodologías para la secciones sometidas a flexion.

Igualando el momento ultimo actuando (proporcionado por el análisis estructural) a el esfuerzo que puede resistir la sección tenemos:

$$M_u = \phi R_n * b * d^2$$

Luego:

$$\phi R_n = \frac{M_u}{b d^2}$$

Conocido ϕR_n se determina el valor de la cuantia ρ requerida y finalmente el área de refuerzo como:

$$A_s = \rho b d^2$$

Tomando como ejemplo el elemento Shell #19 para el caso del modelo UR01 tenemos:

$$\phi R_n = \frac{-0,1224 * 10^6}{1000 * 175^2} = 0.00399$$

Para este valor de ϕR_n no se encuentra un valor de cuantia permisible bajo las especificaciones de construcción de concreto estructural (Vease "Guia para el calculo de estructuras de concreto reforzado Diseño sismorresistente (NSR 98)", Acerias Paz del Rio, Pagina 32).

Lo anterior implica la utilización para el diseño de la cuantia minima especificada por la NSR 98 para elementos sometidos a flexion. La analogía mas cercana al

funcionamiento de un elemento de pared es un muro estructural, para lo cual se tiene:

Cuantia minima = 0.0025 (C.21.6.2 NSR 98)

El resultado negativo del esfuerzo indica que el refuerzo principal debe colocarse en la cara en contacto con la masa de agua. En la otra cara se puede disponer de refuerzo de temperatura.

Tabla 22. Cuantias calculadas y de diseño para refuerzo en la union losa de fondo profundidad menor.

Modelo	Shell	$\square Rn$ (M_{11})	$\square Rn$ (M_{22})	ρ calculado	ρ diseño
		MPa	MPa		
UR01	19	0.0039	0,0200	< ρ_{minimo}	0.0025
UR02	19	0.0532	0,0266	< ρ_{minimo}	0.0025
UR03	19	0,0633	0,0316	< ρ_{minimo}	0.0025

7.4 RESUMEN DE ESFUERZOS Y DETERMINACION DE CUANTIAS PARA ELEMENTOS EN LA UNIÓN LOSA DE FONDO – PROFUNDIDAD MAYOR.

Se siguen procedimientos análogos al numeral anterior. Su resumen se muestra en las tablas .

Tabla 23. Esfuerzos significativos en la union losa de fondo profundidad mayor.

Modelo	Shell	M11	M22
		KN-m/m	KN-m/m
UR01	309	-0,9843	-4,7511
UR02	309	-1,0687	-5,1583
UR03	309	-1,2093	-5,8371

Tabla 24. Cuantias calculadas y de diseño para refuerzo en la union losa de fondo profundidad mayor.

Modelo	Shell	$\square Rn$ (M_{11})	$\square Rn$ (M_{22})	ρ calculado	ρ diseño
--------	-------	------------------------------	------------------------------	------------------	---------------

		MPa	MPa		
UR01	309	-0,0321	-0,1551	< ρ_{minimo}	0.0025
UR02	309	-0,0349	-0,1684	< ρ_{minimo}	0.0025
UR03	309	-0,0395	-0,1906	< ρ_{minimo}	0.0025

Como en el caso anterior, se adopta la cuantía mínima de diseño para el refuerzo en ambos sentidos.

7.5 RESUMEN DE ESFUERZOS Y DETERMINACION DE CUANTIAS PARA ELEMENTOS EN EL CENTRO DE LUZ DE LA LOSA DE FONDO.

Para este caso, el resultado positivo del esfuerzo indica que el refuerzo principal debe colocarse en la cara contraria a la que esta en contacto con la masa de agua. En la otra cara se puede disponer de refuerzo de temperatura.

Tabla 25. Esfuerzos significativos en el centro de luz de la losa de fondo.

Modelo	Shell	M11	M22
		KN-m/m	KN-m/m
UR01	738	104,6016	78,6838
UR04	738	116,2240	87,4266
UR07	738	311,4673	174,8529

Tabla 26. Cuantías calculadas y de diseño para refuerzo en el centro de luz de la losa de fondo.

Modelo	Shell	$\square Rn$ (M_{11}) MPa	$\square Rn$ (M_{22})) MPa	ρ calculado Longitudinal	ρ calculado Transversal
UR01	738	2,0662	1,5542	0,0058	0,0042
UR04	738	2,2958	1,7269	0,0066	0,0049
UR07	738	6,1524	3,4539	0,0155 (max)	0,00145

En este caso se adopta como cuantía de diseño los resultados de las cuantías calculadas, tanto para el refuerzo longitudinal como el transversal.

7.6 ANALISIS DE RESULTADOS.

Los valores de esfuerzos y cuantías encontrados para las paredes de los modelos propuestos, los cuales están por debajo de las mínimas sugeridas por la NSR 98 para estructuras de comportamiento similar, orientan el análisis hacia la determinación del refuerzo requerido por la losa de fondo.

Basados en el modelo de comportamiento mostrado en la Figura 6 y los valores determinados en los análisis anteriores se puede formular que la cuantía de diseño variara desde la mínima en los bordes hasta la máxima en el centro de la luz en sentido longitudinal. Por principios de proporcionalidad, el valor de la cuantía necesaria se reduce a la mitad aproximada a una distancia desde el borde de $0.25L$. Luego entonces el acero de refuerzo puede determinarse con un valor de cuantía de 0.0075 para una distancia de $L/4$ y de 0.0155 para la franja central.

8 PROPUESTA DE MODELACION DE REFUERZO

Para enunciar la propuesta del modelo de refuerzo en piscinas de unión rígida fondo pared, se parte de las siguientes condiciones:

- **Condiciones geométricas de la estructura:**

Espesor de pared = 200 mm
Espesor de losa de fondo = 250 mm
Profundidad máxima = 2.00 m
Relación longitud/ancho ≤ 2

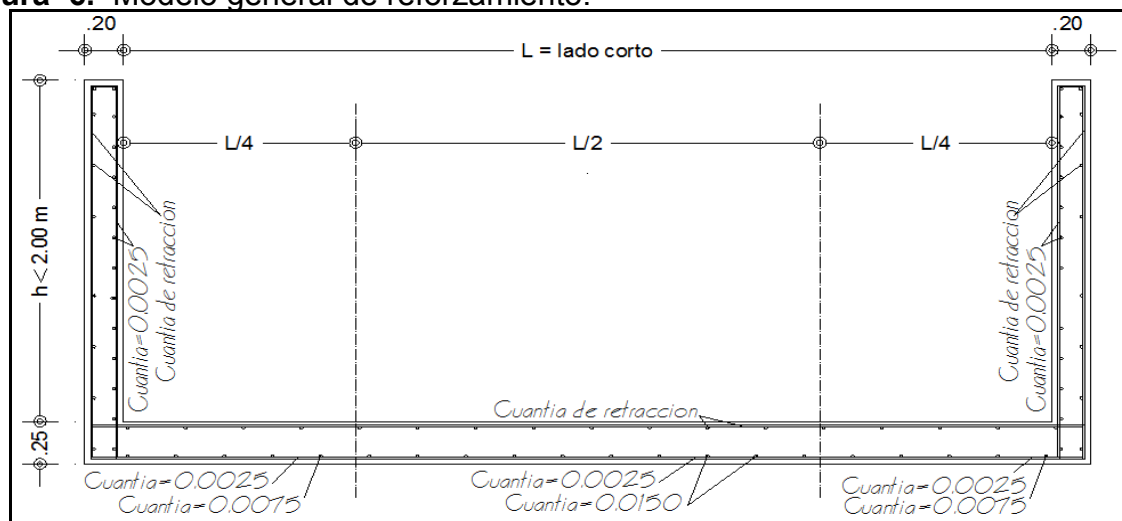
- **Condiciones de los materiales a usar:**

Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 21.1$ MPa
Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo $Fy = 420$ MPa

Cuantía de refuerzo para paredes $\rho = 0.0025$
Cuantía de refuerzo en transversal = $\rho = 0.0025$
Cuantía de refuerzo en longitudinal hasta $L/4$ $\rho = 0.0075$
Cuantía de refuerzo en sentido transversal = $\rho = 0.0150$
Refuerzo de temperatura según especificación mínima.

Las anteriores especificaciones se resumen en la Figura 16. Los detalles constructivos de este modelo se presentan en el [anexo 2](#).

Figura 6. Modelo general de reforzamiento.



CONCLUSIONES

Como resultado de su atractivo turístico, la región de la margen derecha del Alto Magdalena, presenta un índice significativo de construcción de piscinas públicas. Las actividades y procesos realizados sobre este tema para el presente estudio permiten concluir:

- Existe preferencia en la utilización del concreto reforzado como material de construcción de estas estructuras. Otros sistemas como la mampostería con o sin confinamiento en concreto solo tienen un porcentaje de participación de 22.22%.
- La tendencia al empirismo tanto en la fase de diseño como de construcción es preocupante. La encuesta realizada encontró una participación baja de profesionales titulados en estas actividades.
- Las geometrías encontradas dan cuenta de estructuras poco profundas, con variaciones de profundidad entre 0.70 m y 2.15 m y relación de longitud y ancho menor que 2. Esta tipificación de geometrías permitió el análisis por medio de software de estructuras de diferentes modelos de piscinas cuyos resultados pudieron generalizarse a la costumbre constructiva de piscinas en la región.
- La modelación de las estructuras que representaban la tipología constructiva de la región, permitió proponer un modelo consistente en la utilización de cuantía mínima de 0.0025 para el refuerzo longitudinal y transversal de paredes y en el sentido corto de la losa de fondo. Para el sentido largo de la losa de fondo utilización de valores de cuantía de 0.0075 para una franja de ancho igual $L/4$ (L = lado corto) en cada borde y de 0.0015 en la franja central de ancho igual $L/2$.

RECOMENDACIONES

- Es imprescindible para cualquier modelamiento estructural de este tipo de estructuras tener un estudio geotécnico bien fundamentado. Dicho estudio debe describir de manera concisa la estratigrafía, nivel freático, cohesión, módulo de elasticidad del suelo, modulo de reacción del subsuelo, peso específico de cada estrato, capacidad admisible y capacidad portante última.
- Los estudios de suelos deben seguir las recomendaciones prescritas en el Título H del la Norma colombiana de Construcciones Sismo Resistentes NSR-98, en lo referente a numero de sondeos y profundidad de los mismos.
- Aunque el modelamiento permite diseñar tanto las cuantías como las dimensiones de los elementos estructurales, debe tenerse en cuenta lo establecido en C.8 y C.9 de NSR-98 respecto a la colocación del refuerzo, además de lo establecido en el mismo documento respecto a las juntas.
- La supervisión de las obras debe estar a cargo de un profesional responsable, ya que según el estudio realizado, las piscinas que presentaron mayor cantidad de fallas fueron supervisadas por personal no calificado.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	MESES													
	Agost.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ener.	Febr.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agost.	Sept.
Delimitación de la zona de estudio.														
Realización de encuestas.														
Tipificación de los suelos de la región de estudio.														
Recopilación de la normatividad existente acerca del concreto estructural .														
Determinación del procedimiento para establecer la modelación estructural en el diseño de piscinas en hormigón armado.														
Diseño y entrega del manual de procedimientos para el diseño de piscinas en hormigón armado.														
Entrega de Trabajo de Grado.														

BIBLIOGRAFIA

- **GAYLORD**, Edwin H. Estructuras de concreto (Hormigon): manual práctico. México D.F.: Mc Graw Hill, 1993. 140 p.
- **McCORMAN**, Jack C. Diseño de concreto reforzado. 5ª Edición. México D.F. : Alfaomega, 2005. 803 p.
- **MOREIRA DARROCHA**, Anderson. Curso práctico de concreto armado. Madrid: Científica, 1954. 540 p.
- **NILSON**, Arthur H. Diseño de estructuras en concreto. 12ª Edición. Bogotá D.C. : Mc Graw Hill, 2005. 722 p.
- **SÁNCHEZ DE GUZMÁN**, Diego. Tecnología del concreto y del mortero. Bogotá: Universidad Javeriana, 1987. 413p.
- **SALCEDO BARRERA**, Martha Luz. Concreto de alto desempeño en Colombia. Bogotá D.F. : Universidad Nacional de Colombia, 2007. 235 p.
- **WADDELL**, Joseph J. Manual de la construcción con concreto. 3ª Edición. México D.F.: Mc Graw Hill, 1997. v1 , v 2.
- Manual de dosificación de mezclas de concreto. Medellín: Ediciones gráficas, 1974. 70 p.
- Concreto. Cheverland (Ohio): Master Builders, 1990. 166 p.
- NORMAS SISMO RESISTENTES (NSR 98)
- www.cundinamarcamia.com
- www.arquitectuba.com
- www.construaprende.com

ANEXOS

ANEXO 1

PROPUESTA DE MODELAMIENTO ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE PISCINAS DE HORMIGON ARMADO EN LA REGION DEL ALTO MAGDALENA MARGEN DERECHA.

1. ¿Como es la caracterización de la piscina?
 - a) Rectangular
 - b) Circular
 - c) Largo
 - d) Ancho
 - e) Profundidad

2. ¿Se realizaron estudios previos de ingeniería en la construcción?
 - a) Estudio de suelos
 - b) Diseño estructural
 - c) Planos y memorias

3. ¿Cuál fue el sistema constructivo adoptado para la construcción de la piscina?
 - a) Concreto reforzado piso y muros
 - b) Concreto reforzado piso + muros en mampostería
 - c) Otros

4. ¿Quién supervisó la obra durante el proceso constructivo?
 - a) Ingeniero civil
 - b) Arquitecto
 - c) Maestro
 - d) Otros

5. ¿Cómo fue la continuidad del proceso constructivo?
 - a) Continuo Tiempo aprox.
 - b) Discontinuidad a corto plazo Tiempo aprox.
 - c) Discontinuidad a largo plazo Tiempo aprox.

6. ¿Cuáles han sido las fallas estructurales de la piscina, posteriores a la culminación del proceso constructivo?

- a) Ninguna falla
- b) Fisuras leves
- c) Fisuras pronunciadas (grietas)
- d) Volcamientos
- e) Asentamientos
- f) Deflexiones excesivas