

Manual para el diseño y construcción de piscinas residenciales y semideportivas.



Abstract

The next work develops the research from which was obtained the Manual for design and construction of residential and semi-sport pools, built under the type of concrete masonry blocks. The document's main objective is to generate a directory of technical and practical support to users, agglomerating information, that so far was not documented.

The project was developed by collecting information from leading companies in the construction and design of pool projects in Costa Rica, experienced staff, builders, architects and engineers specialists in the field.

Results have been obtained related to the structural stability of the projects, architectural, electrical and mechanical design. Among others.

It is concluded that the structural elements typically used meet the needs in various use cases. They also achieved economic value, thereby facilitating the design and construction of swimming pools. It was confirmed that a large amount of information about this subject pool is not documented, there is a large amount of knowledge from empirical nature.

keywords: pool, desing, construction..

Resumen

El siguiente trabajo desarrolla una investigación con el fin de crear un “Manual para diseño y construcción de piscinas residenciales y semideportivas”, construidas bajo la tipología de bloques de mampostería de concreto. Dicho documento tiene como objetivo principal generar una guía de apoyo técnico y práctico para los usuarios, conformado en datos que hasta el momento no se encontraban documentados.

El proyecto se desarrolló mediante la recopilación de informes de empresas líderes en la construcción y diseño de proyectos piscineros en Costa Rica, personal experimentado, constructores, arquitectos e ingenieros especialistas en el tema.

Se ha obtenido información relacionados con la estabilidad estructural de los proyectos, diseño arquitectónico, eléctrico y mecánico de los mismos.

Se concluye que los elementos estructurales típicamente usados satisfacen las necesidades en diversos casos de uso. Los mismos se logran valorar económicamente también, facilitan el diseño y construcción de piscinas. Se corroboró que gran cantidad de datos sobre el tema de piscinas no se encuentra documentada y que hay gran cantidad de conocimiento de carácter empírico.

Palabras clave: piscina, diseño, construcción.

Manual para el diseño y construcción de piscinas residenciales y semideportivas

GUSTAVO A. MORA FONSECA

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Octubre del 2008

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio	1
Resumen ejecutivo	2
Marco Teórico.....	4
Introducción.....	19
Metodología.....	20
Resultados	22
Análisis de los resultados.....	29
Conclusiones	40
Recomendaciones	41
Apéndices.....	42
Anexos	43
Referencias	44

Prefacio

Costa Rica es un país muy rico en recursos naturales lo cual lo convierte en un destino típico para turistas de todo el mundo.

El sector turismo ha sido objeto de un crecimiento importante en la última década y con ello se ha desatado un incremento en la construcción de proyectos hoteleros, condóminos, residencia privada, etc. Tanto en la costa como en el interior del país.

Un común denominador en la mayoría de estos proyectos es la piscina, un área que representa en gran medida la esencia de lo que los proyectos quieren reflejar.

En Costa Rica la industria de las piscinas no es nueva, sin embargo, se hace necesario ordenar, recopilar, información que permite conocer tanto el proceso constructivo como los aspectos primordiales relacionados con el tipo de construcción.

Aspectos como el diseño estructural, electromecánico, arquitectónico, determinación de costos, la correcta instalación y utilización de los equipos, el correcto manejo del agua, los cuidados post construcción, son solo algunos de los temas que el siguiente trabajo profundiza, y a la vez, son los puntos básicos como herramienta importante tanto para las personas que desean construir una piscina, como para quienes ya la tienen y desean mejorar o conocer más acerca de sus instalaciones.

Resumen ejecutivo

El manual para diseño y construcción de piscinas residenciales y semideportivas es un esfuerzo por dotar a las personas relacionadas con la industria de la construcción una herramienta de desarrollo para sus proyectos.

Actualmente la industria piscinera refleja la necesidad de contar con una fuente concreta de información, que permita, conocer el proceso constructivo así como los aspectos primordiales que alrededor del tema se tratan.

Entre esos están: el diseño estructural, electromecánico, arquitectónico, la determinación de costos, la correcta instalación y utilización de los equipos, el manejo del agua, los cuidados post construcción, entre otros.

El documento es importante para la Escuela de Ingeniería en Construcción pues representa una fuente de información en un campo que si bien es cierto, se encuentra desarrollado, no ha sido del todo regulado, documentado ni normado.

El proyecto tiene como objetivo principal generar un manual de apoyo y guía para el diseño y construcción de piscinas recreativas y semideportivas, lo anterior debido a la evidente necesidad de responder a una necesidad surgida ante las características naturales de Costa Rica, que implican la construcción de gran variedad de casos y proyectos piscineros diferentes

El analizar las variables estructurales involucradas en el diseño de piscinas, también fue una de los aspectos por revisar, de manera que se da un fundamento teórico e ingenieril a la configuración de diferentes elementos estructurales típicos usados en nuestro país para solucionar los requerimientos de los usuarios.

Mediante la aplicación de elementos tecnológicos e informáticos se propuso también obtener un software que permitiera facilitar el diseño y construcción de piscinas enfocando en los costos que implica.

Consultar acerca de los diferentes equipos hidráulicos disponibles en el mercado y

los mejores según tipo de proyecto se volvió también una de las líneas a seguir en el planteamiento de los objetivos del proyecto, máxime como se vio mas adelante, que representa este tema uno de los rubros mas importantes en la inversión económica a la hora de construir una piscina.

Con el fin de cumplir con los objetivos se desarrollaron diferentes etapas del trabajo las cuales se resumen a continuación: la primera etapa del proyecto consistió en la recopilación de la información necesaria en dos frentes, primero el marco teórico, base para el posterior análisis y, por otro lado, la información general de conocimiento básico en el ámbito del negocio piscinero, procesos constructivos, funcionamiento básico de una piscina, elementos fundamentales de una piscina, métodos constructivos, entre otros tópicos.

Una vez obtenida la información, ésta se organizó para eventuales usuarios en cuadros, tablas, etc.

Definido lo anterior se registran detalles típicos de construcción, que fueron probados estructuralmente, mediante la valoración de su resistencia enfrentada a las cargas que deberían resistir. En esta misma etapa se comparó el diseño hidráulico, las consideraciones eléctricas básicas, se recopiló los principios arquitectónicos entre otros aspectos, con el fin de proveer al trabajo de un alcance global dentro del tipo de construcciones en estudio.

La siguiente etapa del proyecto consistió en el desarrollo de la herramienta computacional y su respectivo manual de usuario, de manera que la información recopilada se resume de forma práctica y simple, mediante el uso de varios programas como Microsoft Excel, Autocad 2007 y Visual Basic.

Para la recolección de datos se aplicaron técnicas como la entrevista, visita técnica a sitios de construcción, investigación bibliográfica, etc.

Se buscó un grado satisfactorio de utilidad real al proyecto como herramienta de cálculo y diseño. La organización de casos es

uno de ellos ya que fue posible obtener las posibles cargas esperadas para los diferentes elementos estructurales según zona sísmica y tipo de sitio de cimentación, dichas cargas se manejaron de acuerdo con modelos estructurales individuales y se encontraron los valores carga última a los que se verían sometidos los elementos. A partir de esto se desarrolló el respectivo análisis cuantitativo de resistencia que ofrecen los elementos típicos en la industria y así lograr concluir que cumplen estructuralmente conforme el trabajo para el que fueron diseñados.

Como resultado del trabajo realizado se muestra también el documento escrito el cual conforma el producto principal del proyecto, este manual involucra conceptos básicos de la construcción, conceptos fundamentales para construir, diseñar y ubicar una piscina, descripción detallada del proceso constructivo y sus componentes fundamentales (cuarto de máquinas, terrazas, aceras, etc), además de una descripción detallada y práctica de la hoja de cálculo que complementa.

Marco Teórico

El hombre a lo largo de la historia se ha encargado de obtener su materia prima de la naturaleza, ha explotado de muchas maneras los recursos que esta ofrece. El agua representa la fuente de vida en el planeta y ha sido pieza fundamental del entorno en que éste se desarrolla.

Una de las formas en que se ha utilizado el ambiente acuático es como elemento decorativo.

Las actividades humanas básicas como el deporte, el entretenimiento, la medicina, por mencionar unas pocas, hacen uso del agua y plantean la necesidad de construcción de ambientes acuáticos artificiales. Las piscinas son una representación clara de lo mencionado anteriormente y las utilidades se les puede dar son innumerables.

Como base teórica y parte del trabajo de investigación, se exponen a continuación varios tópicos técnicos acerca del tema de piscinas. Estos resultan de vital importancia para el correcto desarrollo del proyecto.

La piscina

Los griegos y los romanos de la Antigüedad fueron los primeros en construir piscinas destinadas a la preparación física y a los deportes náuticos, pero su introducción en los espacios privados se dio gracias a los emperadores romanos, quienes llegaron incluso a utilizarlas para criar peces. Y es precisamente de este uso que proviene su nombre, vocablo del que se valían los romanos para designar los estanques poblados por dichos animales.

Desde entonces, la utilidad de las piscinas se ha ampliado y enriquecido al punto de que, en la actualidad, sirven no solo como un modo de refrescarse y hacer ejercicio en el hogar, sino también como un elemento

arquitectónico de lujo, capaz de transformar un ambiente, de crear perspectivas novedosas y de añadir nuevas dimensiones a la vivienda. Con el paso del tiempo, también su diseño ha presentado cambios a través del surgimiento de diversas tendencias que van desde las instalaciones más elaboradas hasta los estilos rústicos y las formas orgánicas, para llegar finalmente a las estructuras minimalistas y austeras y a los diseños de vanguardia. (Cusa, 1989)

Estructura de una piscina

Desde el punto de vista estructural una piscina se compone de tres partes: losa de fondo, paredes perimetrales y viga corona, también incluye elementos secundarios pero no menos importantes que cumplen funciones específicas. Dentro de los elementos secundarios se podrían mencionar:

- Aceras
- Escaleras
- Bancas
- Rebosadero
- Revestido
- Lavapiés

Losa de fondo

En la losa de fondo se buscan cualidades como impermeabilidad, soporte, rigidez entre otras, típicamente son construidas de concreto, formando en una sola descarga continua, es armada según los requerimientos del caso a resolver con barras de acero de diferentes diámetros.

A pesar de que se utilizan diferentes procesos constructivos y materiales para formar la losa de fondo, será de especial interés para efectos de este trabajo el uso de concreto

armado, puesto que sobre la losa se asentarán los muros, y también será ésta quien sufra la mayor parte de la presión de agua. Se considera parte de la losa de fondo la capa de mortero estructurado comúnmente usado para proveerle impermeabilidad.

Las pendientes que presente la losa de fondo estarán sujetas a las características físicas y uso del proyecto, reglamentaciones y especificaciones técnicas. Este aspecto tiene una gran relevancia en el coste final del proyecto.

Muros perimetrales

Estos se levantan verticalmente, alrededor del espejo de agua sobre la losa de fondo. Los muros soportan las presiones del agua, sismo y terreno además de dar la respectiva forma al volumen del líquido. Las paredes deben poseer la rigidez e impermeabilidad necesaria según sean los requerimientos del caso.

En vista de la gran variedad de materiales disponibles para la construcción de las paredes de una piscina, estas se pueden clasificar de la siguiente manera: (Cusa, 1989)

- **Paredes de bloques de mampostería**
- Paredes conformadas por muros a gravedad (concreto)
- Paredes de concreto armado
- Paredes mixtas
- Paredes de elementos prefabricados
- Paredes de concreto lanzado
- Otros materiales

Siendo de mayor interés la primera especificada ya que se trata del caso más popular en Costa Rica y el énfasis del presente informe.

Viga corona

Para dar una integridad estructural a la piscina se construye una viga corona que amarre el perímetro de muros cerrando así el sistema sismo-resistente. Es importante destacar que esta viga no tiene la función de acera para la piscina, ya que, anchos excesivos producirían efectos contraproducentes al sistema estructural. Sin embargo, por tratarse de un elemento

contiguo al espejo de agua en el cual se apoyan los bañistas al salir de la piscina, este debe cumplir con características como superficie rugosa para garantizar la seguridad, y, por tratarse de un elemento estructural debe estar separado mediante juntas de construcción que garanticen la independencia de los elementos adyacentes. Indispensable es también establecer que las dimensiones que la viga posea estarán determinadas por el correspondiente diseño estructural según las cargas

Componentes secundarios

Además de los componentes estructurales esenciales se deben mencionar otras partes de vital importancia para el correcto funcionamiento de la piscina:

Carriles

Se llaman así a las divisiones en el fondo de la piscina que sirven de guía al deportista. Las piscinas catalogadas como semi-deportivas (según su uso) no contarán con más de dos carriles o calles. La separación sugerida entre calles es de 2,50m, sin embargo esto no se convierte en regla, el ancho estará sujeto a la disponibilidad de espacio en el sitio de construcción.

Rebalse

El rebalse o aliviadero es una hendidura que presentan las paredes de la piscina en su extremo superior, y que resigue interiormente al perímetro total de la instalación (piscinas de gran tamaño), al ras del nivel del agua, es decir, señala el límite que habrá de alcanzar la superficie de llenado, en su máximo nivel. La hendidura de rebalse podrá ser continua o localizada esto dependerá de las dimensiones de la piscina. En piscinas residenciales usualmente se hace uso de un solo punto de rebalse mediante una boquilla de rebalse. (Cusa, 1989).

El rebosadero tiene varias funciones, sirve como punto de succión para el sistema de recirculación, también participa en la limpieza del agua, ya que recoge aquellos cuerpos extraños, tales como grasas, mucosidades y cabellos, que flotan. En caso de piscinas residenciales el canal de rebose se puede sustituir por un desnatador.

El desnatador (*Skimmer*) es una pieza mecánica que permite la captura del agua junto con las impurezas en el nivel superior y ofrece un filtro que permite una mejor limpieza del agua.

Gradas.

Las gradas en una piscina son los escalones dispuestos para la salida o entrada de los usuarios. Debe considerarse que cuando se entra en una piscina el medio acuoso aplica al cuerpo humano un empuje que le favorece el acceso. Este efecto es tomado en cuenta mediante la construcción de gradas que van incrementando su contrahuella conforme se gana profundidad, lo cual permite al bañista que pueda entrar prácticamente lanzándose al agua. Es recomendable hacer uso de las gradas en las zonas de menor profundidad de la piscina.

Escaleras.

Las escaleras, al contrario de las gradas, tienen una orientación vertical. Utilizan un mínimo espacio, puesto que no son otra cosa que travesaños o barras dispuestas horizontalmente, sujetas por ambos laterales a dos tubos, dispuestos en posición vertical y paralelos a las paredes de la piscina.

En efecto, la escalera no nace nunca del fondo, sino de la pared, a una distancia fácilmente accesible. Los peldaños suelen estar colocados a distinta altura entre sí y separándose de las paredes para facilitar la salida y entrada al agua.

El agua

El hecho de conservar el agua nítida en la piscina involucra varios cuidados básicos que van desde la limpieza de partículas visibles, hasta mantener bajo control los agentes biológicos que se pueden desarrollar en el agua. Para lograrlo existen mecanismos de limpieza tanto químicos como mecánicos que permiten lograr un ambiente acuático saludable.

Abastecimiento de agua.

Una piscina residencial y semideportiva podrá contener un volumen de 40 a 100 m³, el cual habitualmente es suministrado mediante el sistema público de agua potable. Para el ingreso del agua a la piscina no será necesario (a menos que las condiciones topográficas lo ameriten) un sistema de bombeo, una vez el volumen este completado iniciará el proceso de recirculación normal en la piscina.

Las piscinas residenciales y semideportivas no están diseñadas para un uso masivo, por lo tanto la posibilidad de contaminación del agua debido a los bañistas es mínima.

Para mantener las condiciones de salubridad bastará con renovar totalmente y con cierta frecuencia el agua de la piscina. Con esa actitud se consigue una relativa protección higiénica.

Filtro de arena silíceo.

Los filtros de arena son los más usados actualmente en la industria de piscinas, están formados por un recipiente que contiene arena colocada de manera que al hacer pasar el agua bajo presión a través de ella, son atrapadas las partículas sólidas no deseadas del agua. El filtro contiene receptores ranurados en el fondo que toman el agua filtrada y la conducen a un posterior proceso de esterilización fuera del filtro. Los filtros poseen dentro de sus operaciones un modo de trabajo en reversa que permite la limpieza del mismo.

Esterilización.

El proceso de cloración debe ser estudiado meticulosamente en cada caso, a fin de conseguir que una vez regenerada y recirculada el agua de una piscina, en cualquier punto de la misma, exista una proporción que oscile los 0.2 y 0.3 miligramos de cloro residual por litro. Caso contrario, el agua adquiriría bien pronto su característico tono verdoso, sobre todo si la piscina se halla cercana a zonas de vegetación, lo que suele ocurrir en la mayoría de las de tipo particular, instaladas en el interior de jardines o muy próximas a ellos. Conviene tener en cuenta

que árboles, arbustos y plantas constituyen factores de gran expresividad decorativa, pero al mismo tiempo son un poderoso foco originario de colonias de microorganismos vegetales, cuyo efecto habrá que contrarrestar convenientemente (Cusa 1989).

No debe suponerse que un exceso en la concentración de cloro en el agua provee a la piscina de mejores calidades. Al contrario, las altas concentraciones de cloro se traducen en daños a los equipos y problemas a los usuarios.

Acidez del agua.

El factor pH se refiere al grado de acidez o alcalinidad que presenta el agua de la piscina. Esto se da con el fin de una esterilización la cual despojará de bacterias y gérmenes nocivos, haciéndola inocua (Altamirano, 2007).

Las incomodidades que un agua mal tratada pudiera ocasionar por motivo de malos tratamientos no siempre es ocasionada por las altas concentraciones de cloro, la mayoría de las veces se trata de una inadecuada acidez en el agua. Existen equipos de fácil manejo que permiten instantáneamente controlar el grado de acidez del agua en las piscinas.

Diseño arquitectónico

Existen en el mercado internacional y nacional gran variedad de sistemas para la construcción de piscinas, esta variedad da origen a ventajas y desventajas variadas también. Las paredes de bloques de mampostería de concreto reforzado es el sistema más utilizado actualmente en Costa Rica, esto debido a la relación calidad costo más favorable para las condiciones nacionales.

Partiendo del hecho de que el sistema constructivo por utilizar es el anteriormente descrito se dispone, el autor, a hacer del conocimiento del lector algunos principios técnicos básicos, de índole arquitectónico relacionados con el diseño de una piscina.

Consideraciones generales

Una de las decisiones mas importantes es la de escoger la zona en que se va a construir la piscina ésta deberá satisfacer ciertos parámetros previamente planeados por el diseñador. Las condiciones naturales del lugar, las horas de exposición a la luz solar, el acceso de los futuros bañistas, son aspectos a tomar en cuenta.

La cantidad de posibles usuarios, la edad de los mismos, las necesidades deportivas que tengan los bañistas, son por mencionar algunos puntos importantes a tomar en cuenta a la hora de escoger la forma de una piscina.

Elección de la forma

Atendiendo exclusivamente al contorno perimétrico que adopte, la piscina se hallará comprendida en dos grupos, a saber: las piscinas regulares y las irregulares, pudiendo las primeras estar divididas en piscinas cuadradas, rectangulares redondas u ovaladas.(Altamirano, M. 2008)

Altura del nivel del agua

El nivel del agua que una piscina posea es un aspecto muy subjetivo, y esta sujeto al gusto del cliente. Sin embargo, el profesional en diseño debe dar a conocer al futuro propietario las posibles ventajas o desventajas que cierta profundidad ocasione. Típicamente las piscinas dentro del tipo residenciales no superan profundidades de 1,50 m sin embargo dependiendo de las necesidades pueden haber zonas de bajas profundidades como asoleaderos y espejos de agua. Las condiciones topográficas serán definitivamente las que rijan el nivel del agua, no obstante por condiciones de costo y constructibilidad, la recomendación antes mencionada se tomará como la más aceptada.

Medidas de la piscina

El tamaño se refiere a las dimensiones que ofrece la boca de la piscina, es decir, el perímetro visible. En cuanto al tamaño, se relacionará por las medidas de longitud y de anchura, que pueden variar de acuerdo al criterio del cliente.

Dentro de este concepto se puede variar en piscinas de 3 x 6m, 10 x 5m, e incluso 12 x 6m, para piscinas residenciales, en donde se debe recalcar, que por la utilidad que la piscina tendrá, lo mas conveniente es mantener una relación en donde el ancho sea la mitad del largo en su forma básica independientemente de la forma del perímetro escogido. Para piscinas que

serán utilizadas en actividades de natación deportiva (siempre dentro del alcance recreativo) se deberá aumentar el largo hasta en tres veces el ancho para una mejor trayectoria del nadador, un mejor manejo de los tiempos de nado (Altamirano, M. 2008).

Diseño de la instalación mecánica en una piscina

Tuberías a presión¹

A medida que un fluido corre por un conducto, tubo o algún otro dispositivo, ocurren pérdidas de energía debido a la fricción interna en el fluido, tales pérdidas de energía traen como resultado una disminución de la presión entre dos puntos del sistema de flujo.

Cuando se tiene un flujo laminar, el fluido parece desplazarse de forma de varias placas, una sobre la otra. Debido a la viscosidad del fluido, se crea una tensión de corte entre las capas del fluido. La energía del fluido se pierde mediante la acción de vencer a las fuerzas de fricción producidas por la tensión de corte.

Fórmula de Hazen-Williams para flujo de agua.

La fórmula de Hazen Williams es una de las más populares para el diseño y análisis de sistemas de agua. Su uso está limitado al flujo de agua en conductos menores a 1.80m de diámetro. La velocidad del flujo debe exceder los 3m/s. Se tiene también que fue desarrollada para aguas a 15°C. El tratamiento a temperaturas mucho menores o mayores podría dar como resultado algún error.

La fórmula de Hazen Williams es específica de las unidades. En el sistema británico de unidades toma la forma:

$$v = 1.32C_h R^{0.63} s^{0.54} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde :

v = velocidad promedio del flujo (pies/s)

C_h = coeficiente de Hazen Williams (sin dimensiones).

R = radio hidráulico de conducto de flujo (pie).

s = cociente

h_L/L : pérdida de energía entre longitud de conducto (pie/pie).

El uso del radio hidráulico en la fórmula hace posible su aplicación tanto en secciones no circulares como en secciones circulares. Se debe recordar que $R=D/4$ para conductos circulares.

El coeficiente C_h depende únicamente de la condición de la superficie del tubo o conducto. En la siguiente tabla se muestran los valores típicos. Se debe observar que algunos están descritos como conductos limpios nuevos, mientras que el valor de diseño toma en cuenta la acumulación de depósitos que se dan en la parte interna del conducto después de usarlo algún tiempo, incluso cuando agua limpia fluye por él.

Los conductos más lisos tienen valores más altos de C_h en comparación con los más rugosos.

Tipo de conducto	Promedio para los conductos	Valor de diseño
Acero, hierro dúctil, hierro fundido con cemento aplicado centrífugamente o revestimiento bituminoso.	150	140
Plástico, cobre, latón	140	130
Acero o hierro fundido	130	100
Concreto	120	100
Acero corrugado	60	60

Cuadro1 Coeficiente de Hazen Williams C_h (Mott, 1996).

¹ Mecánica de fluidos Aplicada. Robert L. Mott. 1996.

La fórmula de Hazen Williams en unidades del SI
(Sistema Internacional de Unidades):

$$v = 0.85C_h R^{0.63} s^{0.54} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde :

v = velocidad promedio del flujo (m/s)

C_h = coeficiente de Hazen Williams (sin dimensiones).

R = radio hidráulico de conducto de flujo (m).

s = cociente h_L/L : pérdida de energía entre longitud de conducto (m/m).

Consideraciones para la instalación eléctrica en una piscina

A continuación se transcriben los artículos de la norma establecida en el estándar que regula las instalaciones eléctricas en Costa Rica.

Las anotaciones de este apartado provienen del NEC-02 (*National Electrical Code*) y se aplican a la construcción e instalación de cableado eléctrico y equipo adyacente a toda la piscina, rebosaderos, piscinas terapéuticas, y decorativas, fuentes, jacuzzis, balnearios, bañeras de hidromasaje, y al equipo metálico auxiliar, como bombas, filtros, etc.

Normativa²

Artículo 680.6 Sistemas de puesta a tierra. Todo equipo que se especifique a continuación será aterrizado: (N.E.C., 2002)

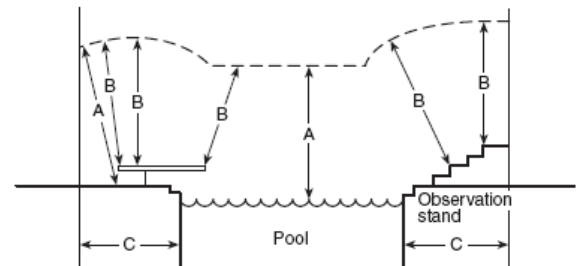
- Cajas metálicas para iluminación en pared y luminarias sumergidas.
- Todo el equipo eléctrico localizado dentro de 1.5 m (5 pies) medidos desde la línea de agua que conforma el vaso de la piscina.
- Todo el equipo eléctrico asociado con el sistema recirculación del agua
- Cajas de registro metálicas.
- Recintos de Transformadores.
- Interruptores de circuito de falla a tierra.
- Paneles de control que estén relacionados directamente con el sistema de recirculación de aguas.

Artículo 680.7 Equipo de conexión cuerda y enchufe. Se permitirá la conexión de estos dispositivos mediante el uso de cable flexible apto para su desconexión y mantenimiento, instalado

de manera que se respeten las siguientes clausulas: (NPFA, 2002)

- Longitud: La cuerda flexible no excederá 900 mm (3 pies) en la longitud.
- Puesta a tierra: La cuerda flexible tendrá una línea de cobre que conecta con el sistema de puesta a tierra, no siendo este más pequeño que 12 AWG.

Artículo 680.6 Claros mínimos para instalaciones eléctricas en piscinas. Las líneas de conducción, terminales, enchufes, registros y demás componentes de la instalación deben respetar las distancias libres con respecto a la piscina que se ilustran:



Tipo de conducto	Cables aislados de 0 a 750V a aterrizados mediante cables desnudos o similar	Todo otro voltaje en sistema de puesta a tierra	
		de 0 a 15 kV	de 15 a 50 kV
A) Claro en cualquier dirección a el nivel del agua, límite de borde de agua, base de trampolín o balsas empotradas.	6.9 m	7.5 m	8 m
B) Claro en cualquier dirección a superficies de observación, torres, zonas de zambullido.	4.4 m	5.2 m	5.5 m
C) Distancia límite horizontal, medida desde la superficie interna de las paredes de la piscina.	Esta distancia queda sometida a los resultados de las distancias A y B sin embargo no puede ser menor a 3m.		

Figura 1 Claros mínimos de la instalación eléctrica circundante con respecto a la piscina (NFPA NEC-02, 2002).

² National Electric Code (NEC). NPFA. 2002.

Generalidades para el diseño de elementos de concreto reforzado

Método de diseño³

Las estructuras y los elementos estructurales deben ser diseñados para que tengan en cualquier sección una resistencia de diseño al menos igual a la resistencia requerida, calculada esta última para las cargas y fuerzas mayoradas.

El método de diseño por resistencia requiere que se incrementen las cargas de servicio o las fuerzas y momentos internos relacionados, por medio de los factores de carga especificados (resistencia requerida) y que las resistencias nominales calculadas se reduzcan por medio de los factores ϕ .

Resistencia requerida

La resistencia requerida U se expresa en términos de cargas mayoradas o de las fuerzas y momentos correspondientes. Las cargas mayoradas son las cargas especificadas en los reglamentos generales de construcción multiplicadas por los factores de carga apropiados.

El factor asignado a cada carga está influenciado por el grado de precisión con que normalmente se puede calcular la carga y por las variaciones esperadas por dicha carga durante la vida de la estructura. Por esta razón, las cargas permanentes que se determinan con mayor precisión y son menos variables se les asigna un factor de carga más bajo que a las cargas vivas. Los factores de carga también toman en cuenta variabilidades inherentes al análisis estructural empleado al calcular los momentos y cortantes

³ Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario. ACI 318S-05. Diciembre 2005.

Las combinaciones de carga y sus respectivos factores de mayoración son los establecidos por el Código Sísmico de Costa Rica como se muestran a continuación:

Cada elemento, componente o unión de la estructura, y ésta como unidad, debe tener capacidad para resistir las siguientes combinaciones de cargas últimas:

- $CU = 1.4 CP$ Ec. 3
- $CU = 1.2 CP + 1.6 CT + 1.6 CE$ Ec. 4
- $CU = 1.05 CP + f_1 CT \pm CS + CE$ Ec. 5
- $CU = 0.95 CP \pm CS + CE$ Ec. 6

donde:

CU = carga última.

CP = carga permanente.

CT = carga temporal.

CS = carga sísmica.

CE = carga por empuje.

Resistencia de diseño

La resistencia de diseño de un elemento es la resistencia nominal calculada de acuerdo con las disposiciones y suposiciones establecidas en el Reglamento para concreto estructural (**ACI318S-05**), multiplicada por un factor de reducción de resistencia ϕ que siempre es menor que uno.

Factores de reducción para cálculo de resistencia de diseño

Los factores por utilizar serán utilizados de acuerdo con la siguiente información:

Cortante y torsión.....	0.75
Aplastamiento en el concreto.....	0.65
Secciones controladas por la tensión.....	0.90

Resistencia de diseño para el refuerzo

Además del límite superior de 550 MPa para la resistencia a la fluencia del refuerzo no presforzado, existen otras limitaciones sobre la resistencia.

El máximo valor de f_y que se puede utilizar para el diseño de refuerzo para cortante y torsión es de 420 MPa, excepto que puede usarse un f_y de 550 MPa para refuerzo de cortante que cumpla con los requisitos de ASTM A 497M.

Diseño de elementos de mampostería estructural

General⁴

Se define como estructuras de mampostería al conjunto de elementos ligados entre sí por medio de un cementante, estas unidades son de origen natural como roca o fabricadas por el hombre como es el caso de los bloques de concreto.

Las unidades de mampostería más utilizadas en Costa Rica son los bloques de concreto de fabricación nacional con regulaciones y calidad clasificada, estas unidades conforman la estructura en combinación con el mortero o cementante, acero de refuerzo y concreto de relleno en las celdas.

El mortero encargado de unir las unidades esta compuesto por cemento, agua, arena, cal hidratada, aditivos y fibras según sea la necesidad. En su estado plástico, los morteros deben tener una adecuada trabajabilidad, esta propiedad se logra agregando agua a la mezcla hasta lograr la consistencia deseada. La tasa de rigidización está relacionada con la pérdida de agua por evaporación. En estado endurecido los morteros es deseable presenten al menos tres características a saber: adherencia, resistencia y contracción.

El acero de refuerzo se utiliza para resistir esfuerzos de tensión y cortante inducidos por las cargas, además de controlar el agrietamiento por temperatura y fraguado, este refuerzo se presenta en los diafragmas de forma horizontal y vertical. En las zonas de acero vertical se debe rellenar las celdas de las unidades de mampostería para lograr columnas integrales con el resto de las unidades y así incrementar la estabilidad estructural de los diafragmas.

⁴ Estructuras de mampostería. Ing. Mauricio Carranza. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Aspectos constructivos

Almacenamiento, manejo y preparación de materiales.

Los materiales deben manejarse de tal manera que cuando vayan a ser utilizados estos se encuentren limpios y no hayan sufrido alteraciones que pongan en riesgo su estabilidad individual. Las varillas de acero por utilizar como refuerzo deben almacenarse de manera que se evite la corrosión.

Los bloques deben almacenarse en un lugar seco, ya que estos no pueden colocarse si tienen agua. En cuanto al manejo del mortero, este no debe utilizarse después de haber transcurrido dos horas desde su fabricación, el concreto de relleno por su parte, se vuelve inutilizable una hora después de haberse fabricado.

Colocación de unidades de mampostería

La colocación se realiza dejando sisas inferiores de un grosor de 26mm (2,5 a 2,6 cm) a nivel de fundaciones y de 10mm (1cm) en las sisas intermedias, colocando una capa de cementante en las caras inferior y lateral con cada unidad.

Diseño de muros de mampostería

Una de las propiedades físicas que interviene directamente en el diseño de estructuras con base en elementos de mampostería es el módulo de elasticidad, el cual, es diferente para cada tipo

de material presente en el sistema. A continuación se muestran los valores típicos de módulo de elasticidad de diferentes materiales:

- Unidades de arcilla: $E_m = 750 \text{ f'm}$ (con un máximo de 210000 kg/cm^2)
- Unidades de concreto: $E_m = 750 \text{ f'm}$
- Acero: 2100000 kg/cm^2
- Módulo de cortante de la mampostería: $G = 0,4E_m$

Diseño de elementos de mampostería reforzada

Como supuestos de diseño para cargas perpendiculares al plano, se toman las siguientes:

- El diseño se basa en condiciones de equilibrio y en la compatibilidad de las deformaciones unitarias.
- La resistencia de la mampostería a la tensión se debe tomar como despreciable en los cálculos a flexión, pero no en los cálculos de deformaciones de secciones agrietadas o sin agrietar.
- El refuerzo está completamente embebido en el concreto de relleno o mortero de pega, de tal manera que ambos trabajan como un material homogéneo.
- Se supone que los materiales pueden llegar a su límite máximo de resistencia (fluencia en el caso del acero).
- Los esfuerzos en el acero de refuerzo se suponen con un comportamiento elastoplástico.
- M_u : momento debido a cargas mayoradas utilizando las combinaciones de carga última del Código Sísmico de Costa Rica (CSCR-02).

Modelo de cálculo

Para la sección simplemente reforzada se supone que la tensión iguala la compresión (condición balanceada)

$$T = C \quad \text{Ec. 7}$$

$$C = 0,85 f' m * a * b \quad \text{Ec. 8}$$

$$T = A_s f_y \quad \text{Ec. 9}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b*d} \quad \text{Ec. 10}$$

Utilizando Ec. 3 y 4 se obtiene:

$$a = \frac{d * f_y * \rho}{0,85 * f' m} \quad \text{Ec. 11}$$

Capacidad de la sección a flexión (M_n):

$$M_n = C \left(d - \frac{a}{2} \right) = T \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad \text{Ec. 12}$$

Capacidad por el acero:

$$M_{n_{mamp.}} = 0,85 * f' m * a * b * \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad \text{Ec. 13}$$

Capacidad de la sección a flexión (M_n):

$$M_{n_{acero.}} = A_s * f_y * \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad \text{Ec. 14}$$

Límites de cuantías de acero:

$$\rho_{max} = 0,5 * \rho_b \quad \text{Ec. 15}$$

La cuantía mínima es la cantidad necesaria para resistir el momento de agrietamiento (M_r) aumentado en un 30% o $1,33A_{s_{req}}$ o $14/f_y$.

$$\rho_{min} = \text{mínimo} \left\{ \begin{array}{l} 1,3Mr \\ 1,33 * A_{s_{req}} \\ \frac{14}{f_y} \end{array} \right. \quad \text{Ec. 16}$$

$$M_r = S_r * f_r \quad \text{Ec. 17}$$

$$S_r = \frac{b * h^2}{6} \quad \text{Ec. 18}$$

Con respecto a los valores de $f' m$ de diseño para la mampostería, el Código Sísmico de costa Rica establece que los bloques de concreto clase A la resistencia a la compresión medida sobre el área neta a los 28 días no debe ser menor a 120 kg/cm^2 , 80 kg/cm^2 para clase B y 70 kg/cm^2 para clase C. (CSCR, 2002). Para piscinas se debe utilizar mampostería clase A.

Cargas sobre muros

Para el análisis de las cargas que se presentan en los muros se hace uso de la teoría sobre empuje sísmico y empuje activo del terreno, ambas teorías son resumidas a continuación.

Empuje sísmico sobre muros⁵

Los muros de retención de edificaciones deben ser diseñados para resistir, además de las fuerzas estáticas, la siguiente fuerza horizontal de sismo:

$$P = \frac{1}{2} \gamma_s h^2 \left(\frac{3}{4} a_e \right) \quad \text{Ec. 19}$$

Donde:

P= fuerza de sismo, que actúa a 0,6h sobre la base.

γ_s = peso unitario del suelo.

h= altura del muro.

a_{ef} = aceleración pico efectiva de diseño, definida en el sitio de la edificación según CSCR-02 Art. 2.4

De ser necesario, esta fuerza, se puede sustituir por una fuerza distribuida, con una variación trapezoidal en la altura del muro, cuya resultante tenga la misma magnitud y punto de aplicación que la fuerza P.

⁵ Código Sísmico de Costa Rica. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. 2002.

Tratamiento químico del agua en piscinas.

El tratamiento del agua en una piscina involucra gran cantidad de conceptos técnicos que deben ser tomados en cuenta a la hora de analizar los sistemas mecánicos que recirculan el agua.

Seguidamente se detallan algunos de estos conceptos. Debe aclararse que la manera en que la estabilidad química de la piscina se mantiene y como el usuario lo realice no es un tema que se desarrollará en este trabajo. Sin embargo, en el manual producto del presente proyecto se ofrece una guía práctica para el usuario sobre cómo mantener su piscina en correctas condiciones químicas.

Tratamiento químico⁶

Cloro granulado

Así se conoce popularmente al hipoclorito de calcio granulado de alta calidad y concentración que proporciona al menos un 65% cloro disponible. Cuando el producto es de buena calidad resulta fácilmente soluble en agua, es un agente de saneamiento y desinfección muy eficaz contra, virtualmente, todas las bacterias, algas y microorganismos en niveles bajos de tratamiento.

Dependiendo de la calidad del hipoclorito de calcio, será la cantidad de residuo insoluble más bajo que cualquier agente de saneamiento granular de fórmula similar. Dependiendo del volumen de agua de la piscina es conveniente adquirir una determinada presentación de este producto. Adquirir un envase de mayor tamaño del necesario produce normalmente un ahorro en el precio por kilogramo, sin embargo, la cantidad podría resultar mucha y consecuentemente, por el tiempo de almacenaje, el producto puede sufrir

deterioro y perder efectividad. Las presentaciones más usuales, dependiendo de la marca, son 45 Kg., 40 Kg., 20 Kg., 10 Kg., 4 Kg. y 2 Kg.

Cloro en tabletas

Estas tabletas de cloro seco tienen un diseño especial de lenta disolución que produce un poder de saneamiento prolongado, se ha comprobado por ensayos de laboratorio que es la forma más efectiva de disolución y liberación de cloro cuando se usa como bactericida en un período normal de recirculación en las piscinas.

El ingrediente activo, cuando se trata de tabletas estabilizadas es 95% de cloro disponible.

La cloración es mucho más uniforme, continua y cómoda, pues se realiza utilizando dispensadores automáticos que se instalan dentro de los cuartos de máquinas, específicamente en las tuberías de retorno, que simplifican la mano de obra y ahorran tiempo. Se debe tener especial cuidado con el tipo de tabletas que se utiliza en relación con el tipo de clorinador. No es posible utilizar tabletas de cloro estabilizado en dispensadores para cloro sin estabilizar, ni viceversa, pueden producirse accidentes fatales y deteriorar por completo el equipo. Tampoco resulta útil utilizar las tabletas de cloro directamente en el agua de las piscinas, ni en los skimmers, pues su disolución no será la requerida y consecuentemente su efecto tampoco.

Agua equilibrada

El mantenimiento de la piscina es un juego de equilibrio, la interacción de pH, alcalinidad total y dureza del agua tiene que ser revisada adecuadamente. Es esencial probar, equilibrar y efectuar el saneamiento del agua siguiendo un

⁶ Instructivo para mantenimiento químico del agua, Poolmaxx, S.A.

programa rutinario. El descuido en el trato adecuado de los factores básicos del agua contribuye al deterioro de su piscina y del equipo, conduce a condiciones de natación no sanitarias y a otros problemas con la piscina. Se debe obtener un equipo de prueba confiable para pruebas del agua de la piscina. Probar regularmente es fundamental para mantener el agua adecuadamente equilibrada y sanitaria.

Dureza del agua

Dureza de agua es una medida de la cantidad de calcio disuelto en el agua de la piscina. La deficiencia de calcio puede resultar en picaduras de las superficies de yeso o cemento blanco y corrosión excesiva en las partes metálicas y accesorios de la piscina. El exceso de calcio contribuye a agua turbia, superficies manchadas y a la formación de escamas. En la mayoría de las piscinas se debe mantener una dureza de agua de un mínimo de 200 partes por millón (ppm). Sin embargo, una dureza tan alta como 1,000 ppm podrá ser aceptable siempre que la alcalinidad total y el pH se ajusten adecuadamente para evitar el desarrollo de escamas. En las áreas donde la dureza de agua no es suficiente, el uso de hipoclorito de calcio, proporciona una fuente de calcio para ayudar a equilibrar el agua. Un equilibrio adecuado de pH, alcalinidad total y dureza de agua es esencial para evitar condiciones corrosivas o escamosas.

Alcalinidad total

La alcalinidad total es una medida de la cantidad de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos en su piscina. Un exceso de alcalinidad en el agua provocará un aumento del pH; puede causar agua turbia e irritación de los ojos; y dejar sedimentos en las paredes y accesorios de la piscina. Una deficiencia de alcalinidad puede provocar corrosión y manchas en los equipos de la piscina y dificultar el control de pH (una condición conocida como el salto del pH.)

PH

El pH es una medida de la acidez o basicidad del agua de su piscina. Agua con un valor de pH menor de 7 es ácida; agua con un valor de pH mayor de 7 es básica. Un pH demasiado bajo producirá una agua corrosiva que puede comer o manchar el cemento, corroer el metal e irritar los ojos, los oídos, la nariz o la garganta. Un pH demasiado alto puede enturbiar el agua, formar escamas, irritar los ojos y retardar la rapidez con que se matan las bacterias. La escala del pH ideal para una piscina donde se efectúa el saneamiento mediante el hipoclorito de calcio es de 7.2 a 7.6.

Introducción

El siguiente informe brinda los datos necesarios para obtener el Manual para diseño y construcción de piscinas residenciales y semideportivas.

El trabajo logró generar un manual de apoyo y guía para el diseño y construcción de piscinas bajo la tipología de bloques de mampostería de concreto, y para proyectos del tipo residencial y semideportivo, ya que son estas últimas las más usadas a nivel nacional. Como producto del trabajo y junto con el manual se logra obtener un software que permita facilitar el diseño y construcción de piscinas enfocando en la determinación de los costos así como indagar acerca del diseño hidráulico y sus componentes, las consideraciones en aspectos de instalación y diseño eléctrico entre otros aspectos, también forman parte de los objetivos específicos que el proyecto logra poner a disposición de profesionales y público en general.

Este proyecto tiene como finalidad documentar información dispersa de la industria de la construcción de piscinas, los datos que pueden ser de utilidad para quienes construyen, pretenden construir, poseen una piscina o simplemente desean conocer más acerca del tema.

Este informe se desarrolla dentro del área de la construcción que si bien es cierto no enfoca puramente en aspectos arquitectónicos, se relaciona con los mismos debido a la conexión inherente que existe entre estos dos campos.

Para lograr los puntos anteriormente citados se procede inicialmente a aglomerar información necesaria para la discusión de aspectos variados, pero, relacionados con el tema en estudio. Una vez agrupada y ordenada la información se procede a cuestionar técnicamente y con bases teórico-prácticas, los elementos estructurales, hidráulicos, en fin técnicos, relacionados con la construcción de piscinas.

Los puntos que trata el siguiente trabajo se consideran utilizables para establecer posibles guías al usuario que puede usar para su asesoramiento, de esta manera surge una herramienta que puede ayudar al mejoramiento de la calidad de las piscinas que se construyen actualmente.

Metodología

A continuación se expone la forma en que, paso a paso, se dio la realización del proyecto. Mostrando las etapas del mismo de manera muy general pero concisa y relatando la forma en que las mismas se relacionan para obtener el resultado logrado.

La primera etapa del proyecto consistió en la recopilación de informes necesarios en dos frentes: primero la información técnica para conformar un marco teórico base para el posterior análisis y por otro lado, la información básica en el ámbito del negocio piscinero, procesos constructivos, funcionamiento básico de una piscina, entre otros tópicos.

La información de la primera etapa fue recolectada mediante diversas técnicas a saber: entrevistas, visitas técnicas a sitios de construcción, investigación bibliográfica, etc.

Una vez concentrada esta información se procede a su procesamiento mediante cuadros, tablas, listas de requerimientos, con el fin de organizarla y tabularla para usarla más adelante en el desarrollo del proyecto. Resultados de esta primera etapa implican cuadros comparativos entre diferentes sistemas constructivos, gráficos de funcionamiento general de equipos y procesos, descripción de elementos estructurales típicos, detalles típicos en planos, información acerca de equipos, acabados, arquitectura, imitaciones, mano de obra, etc.

Conociendo más del proceso y sus particularidades se procedió a establecer una segunda etapa. Esta consistió en obtener detalle de los requerimientos por parte de eventuales usuarios del software, buscado como parte de los objetivos del proyecto. Fue necesario para esto, indagar acerca de los procesos normales dentro de la logística que encierra la realización de un proyecto piscinero, desde la idea hasta su realización. Se establecieron las pautas que implica la evolución anteriormente mencionada y se conservaron como puntos a tomar en cuenta por el software como objetivos a cumplir. El objetivo de esta etapa fue dar un valor agregado

de utilidad real al resultado del proyecto a saber el manual de diseño y construcción de piscinas residenciales y semideportivas junto con su hoja de cálculo.

Definido lo anterior, se registraron detalles típicos de construcción que fueron probados de forma teórica, mediante la valoración de su resistencia enfrentada a las cargas determinadas que deberían resistir. Las cargas utilizadas se modelaron con respecto distintas zonas sísmicas y distintos tipos de suelo, lo que dio como resultado una tipificación de casos que dan resultado a ciertos casos prácticos.

En esta misma etapa se comparó el diseño hidráulico formal del sistema mediante la teoría Hazen Willams contra un diseño informal o “regla de dedo” muy utilizada en la industria piscinera nacional para así poder establecer su factibilidad de uso. Consideraciones en el aspecto eléctrico se manejaron con sumo cuidado debido a lo delicado del tema en cuanto a la utilización de electricidad en ambientes acuáticos, de manera que el producto del trabajo indicará solamente consideraciones por tomar y no reglas establecidas con respecto al diseño. El diseño eléctrico de una piscina es tarea única y exclusivamente de un profesional de la rama eléctrica. Esta etapa se desarrolló con el objetivo de basar el trabajo en información técnica e ingenieril que diera respaldo a los resultados posteriores.

El cálculo de los costos se hizo detalladamente, con precios reales actualizados a la fecha de realización del proyecto. Se toman en cuenta costos de obra gris, instalación mecánica y eléctrica, equipos, acabados, costos administrativos, utilidad para el caso del constructor, etc.

La siguiente etapa del proyecto consistió en el desarrollo de la herramienta computacional, resumiendo de forma práctica y simple de usarla los datos obtenidos, tratando aspectos estructurales y de índole económico. Se hizo uso de varios programas como Microsoft Excel,

Autocad 2007 y Visual Basic, usado cada uno en distintas formas. Una vez terminada la parte de cálculos se planteó el manual de usuario de la herramienta de software, que mediante un ejemplo práctico y real, propone el uso del software.

Paralelo al trabajo anterior se fue desarrollando el manual, este conforma el principal objetivo del proyecto. Se obtuvo información del correcto proceder durante cada actividad del proceso constructivo, se registró y además se ordenó cronológicamente. Se integró la experiencia de colaboradores de diferentes rangos en el proceso, de manera que se ven plasmados los conocimientos de ingenieros civiles, arquitectos, maestros de obras, técnicos mecánicos, vendedores del campo, etc, dando al

usuario la posibilidad de contar con una base técnica y la experiencia de igual valor para los fines del trabajo.

Las etapas antes mencionadas conformaron la información almacenada de forma práctica y mediante un lenguaje simple ofreciendo al usuario información clave que anteriormente se encontraba muy dispersa y en medios poco accesibles para mucha gente.

El proyecto se realizó entre los meses de enero y setiembre del año 2008, usando inicialmente en su desarrollo precios y condiciones económicas de esa fecha, se desarrolló básicamente mediante la colaboración de personal de la empresa Poolmaxx S.A. y la experiencia del autor en dicha empresa.

Resultados

Necesidades generales

Como resultados de las entrevistas realizadas a los usuarios y personas relacionadas directamente con la industria piscinera se muestra a continuación algunas de las principales observaciones hechas a los procesos constructivo y administrativo.

Las empresas mantienen un perfil organizacional algo similar, contando con departamentos de ventas, servicios técnicos, construcción, financiero-contable.

De las partes antes citadas se encuentra que este trabajo es de utilidad principalmente a los departamentos de ventas y construcción.

En cuanto al proceso de venta de una piscina se encuentra como necesidad importante la de poder responder ágilmente a las cotizaciones, de manera que se conjunte la información de diseño necesaria para poder generar una cotización justa y beneficiosa, en un lapso breve.

Por otra parte el área de construcción necesita datos técnicos de diseño que, de acuerdo con la normativa nacional, permitan generar especificaciones técnicas y planos de calidad que ofrezcan en un tiempo relativamente corto los resultados necesarios.

Casos de estudio

El autor propone como tipificación para los casos que representan las condiciones a resolver en proyectos de piscinas los que se muestran a continuación

CASO	DESCRIPCIÓN
I	Tipo de sitio de cimentación S1, para cualquier zona sísmica
II	Tipo de sitio de cimentación S2 y S3, para cualquier zona sísmica
III	Tipo de sitio de cimentación S4, para cualquier zona sísmica

Cuadro 2 Tipificación de casos según tipo de suelo y zona sísmica

Las características de los suelos supuestos son las siguientes⁷:

Suelo S1: Un material semejante a la roca, caracterizado por una velocidad de onda cortante superior a 760 m/s o por otros medios adecuados de clasificación. Condiciones de suelo rígido o denso, donde la profundidad del suelo es menor de 50 m.

Suelo S2: Un perfil de suelo con condiciones predominantemente de medianamente denso a denso o de medianamente rígido a rígido, cuya profundidad excede los 50 m.

Suelo S3: Un perfil de suelo con más de 6 m de arcilla de consistencia de suave a medianamente rígida o de suelos no cohesivos de poca o media densidad. No incluye perfiles de más de 12 m de arcilla suave.

Suelo S4: Un perfil de suelo caracterizado por una velocidad de onda cortante menor de 150 m/s o con más de 12 m de arcilla suave.

Se obtiene de esta manera una propuesta de clasificación que trata de cubrir las posibilidades de construcción de una piscina en Costa Rica.

⁷ Código Sísmico de Costa Rica. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. 2002.

Cargas

Cuadro 3 Empuje sísmico y de suelo según casos, para profundidad $h = 1,5m$

	EMPUJE SÍSMICO [T/m ²]						EMPUJE ACTIVO
	ZONA II		ZONA III		ZONA IV		[T/m ²]
	P_{min}	P_{max}	P_{min}	P_{max}	P_{min}	P_{max}	P_{max}
CASO I	0,23	0,92	0,17	0,69	0,11	0,46	1,27
CASO II	0,14	0,54	0,18	0,72	0,22	0,87	2,31
CASO III	0,14	0,57	0,15	0,60	0,15	0,60	1,19

Cargas en muros

Se muestra en el cuadro 3 los resultados obtenidos para cargas a las que los diferentes elementos estructurales estarán sometidos.

Las presiones obtenidas y tabuladas se aplican y distribuyen según las figuras 2 para el empuje sísmico y 3 para el empuje activo.

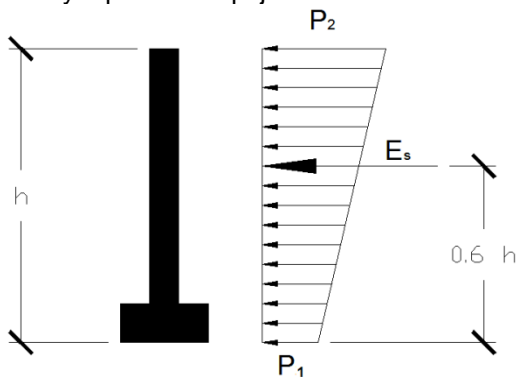


Figura 2 Diagrama de esfuerzos empuje sísmico en suelos.

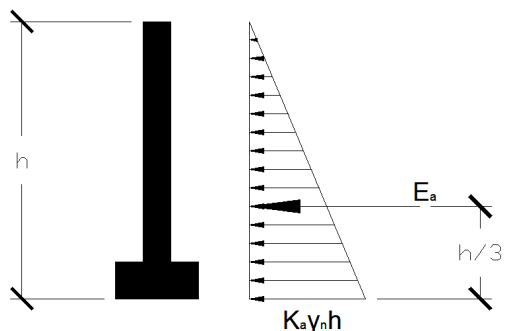


Figura 3 Diagrama de esfuerzos por empuje activo.

Cargas en el piso

Las cargas para las losas son las mostradas, asumiendo espesores de losa de 20cm y cargas temporales que simulan una ocupación normal para una piscina del tipo residencial y semideportiva, El valor de las cargas se obtiene basándose en que los bañistas dispondrán de un espacio de 9m² por persona, la cual es un área suficiente para desarrollar las actividades normales dentro de una piscina como las que este proyecto trata.

Cuadro 4 Cargas encontradas para losas en piscinas.

CARGA PERMANENTE

Agua

Prof max	1,5	m
W_{H2O}	1,5	T/m ²

Peso propio

W_{pp}	0,48	T/m ²
----------	------	------------------

CARGA TEMPORAL

W_{ct}	0,1	T/m ²
----------	-----	------------------

CARGAS

CP	1,98	T/m ²
CT	0,10	T/m ²

Cargas en vigas

Las cargas que el suelo aplica a las paredes son trasladadas por medio de los muros a la viga de la piscina, de manera que esta es quien la resiste (ver figura 4). La reacción por metro que reporta el modelo del muro en su apoyo superior será por lo tanto la carga distribuida que experimentará la viga.

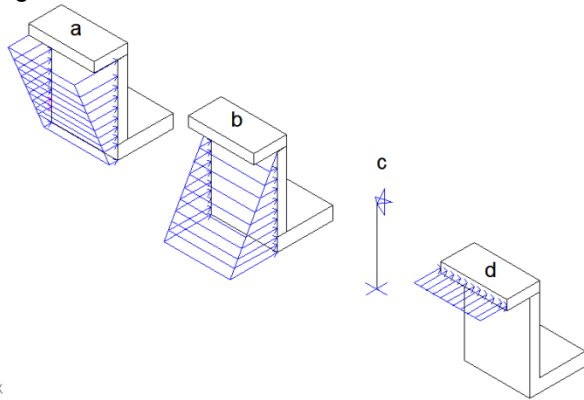


Figura 4 (a) Carga sísmica sobre muro. (b) Empuje activo sobre muro. (c) Modelo estructural para muro. (d) Carga sobre viga.

Costos

Producto de la consulta a empresas constructoras especializadas en la fabricación de piscinas, se pudieron establecer elementos típicos de construcción los cuales representan renglones de pago. Estos diferentes elementos se muestran a continuación, se agrupan y nombran de manera que a cada uno se le identifica y a partir de ello se hace un desglose detallado de los costos que implica fabricarlos.

Este trabajo identifica los diferentes muros mediante los nombres M-1, M-2 y M-3 poseen diferencias ya que responden a diferentes casos estructurales. Se debe mencionar que el costo de los contrafuertes se están incluyendo como parte de los muros estudiados. Las vigas propuestas son las VP-1, VP-2 y VS-1; donde las dos primeras son utilizadas en piscinas propiamente dichas, mientras que la última es la utilizada en aplicaciones pequeñas como spas.

También se muestran los diferentes tipos de losas encontradas como típicas: L-1, L-2 y L-3.

Se muestran también elementos secundarios como las terrazas que son muy frecuentes en los alrededores de las piscinas y que por reglamento deben rodear el perímetro de la piscina.

MATERIALES				
Descripcion	unidad	cantidad	costo unitario	total
Bloque 15X20X40	ud	12,50	520,00	6.500,00
Cemento	sacos	2,80	5.982,23	16.771,16
Arena	m3	0,20	22.577,00	4.431,21
Piedra	m3	0,26	14.999,00	3.913,93
Varilla corrugada #3	ud	2,62	2.200,00	5.756,67
Alambre negro	Kg	0,44	1.000,00	439,60
Acril	gl	0,11	9.200,00	993,14
Vitrocerámica	m2	1,00	9.100,00	9.100,00
Diamond brite	bolsa	-	14.000,00	-
Otro acabado	m2	-	-	-
Cemento blanco	sacos	0,10	7.132,50	713,25
Cedazo de gallinero	ml	1,00	326,00	326,00
Lastre fino para compactar	m3	0,46	13.099,00	6.025,54

TOTAL/m2 **€54.970,49**

MURO M-1

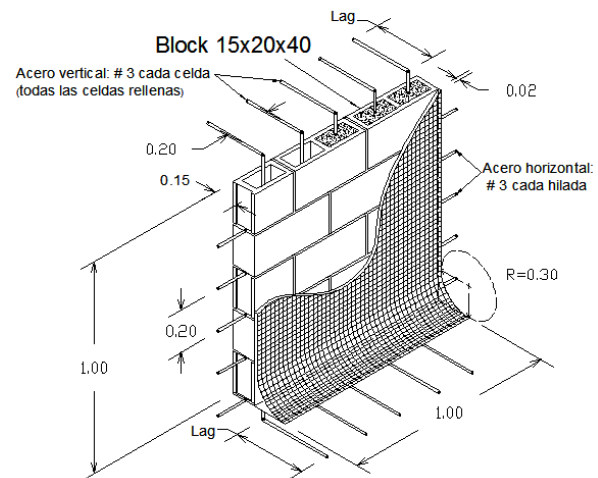


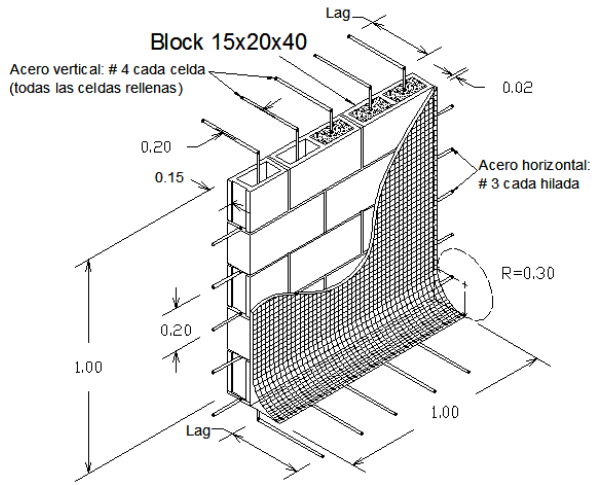
Figura 6 Muro tipo M-1 y su costo.

MATERIALES				
Descripcion	unidad	cantidad	costo unitario	total
Bloque 15X20X40	ud	12,50	520,00	6.500,00
Cemento	sacos	2,80	5.982,23	16.771,16
Arena	m3	0,20	22.577,00	4.431,21
Piedra	m3	0,26	14.999,00	3.913,93
Varilla corrugada #3	ud	1,20	2.200,00	2.640,00
Varilla corrugada #4	ud	1,42	3.615,00	5.121,25
Alambre negro	Kg	0,44	1.000,00	439,60
Acril	gl	0,11	9.200,00	993,14
Vitrocerámica	m2	1,00	9.100,00	9.100,00
Diamond brite	bolsa	-	14.000,00	-
Otro acabado	m2	-	-	-
Cemento blanco	sacos	0,10	7.132,50	713,25
Cedazo de gallinero	ml	1,00	326,00	326,00
Lastre fino para compactar	m3	0,46	13.099,00	6.025,54

TOTAL /m2 **€56.975,07**

(a)

MURO M-2



(b)
Figura 6 (a) Costo. (b) Muro tipo M-2

MATERIALES				
Descripcion	unidad	cantidad	costo unitario	total
Bloque 20X20X40	ud	12,50	750,00	9.375,00
Cemento	sacos	3,22	5.982,23	19.259,26
Arena	m3	0,23	22.577,00	5.098,29
Piedra	m3	0,30	14.999,00	4.458,32
Varilla corrugada #3	ud	1,20	2.200,00	2.640,00
Varilla corrugada #4	ud	1,42	3.615,00	5.121,25
Alambre negro	Kg	0,44	1.000,00	439,60
Aciril	gl	0,11	9.200,00	993,14
Vitroc�er�mica	m2	1,00	9.100,00	9.100,00
Diamond brite	bolsa	-	14.000,00	-
Otro acabado	m2	-	-	-
Cemento blanco	sacos	0,10	7.132,50	713,25
Cedazo de gallinero	ml	1,00	326,00	326,00
Lastre fino para compactar	m3	0,46	13.099,00	6.025,54

TOTAL /ml @63.549,65

MURO M-3

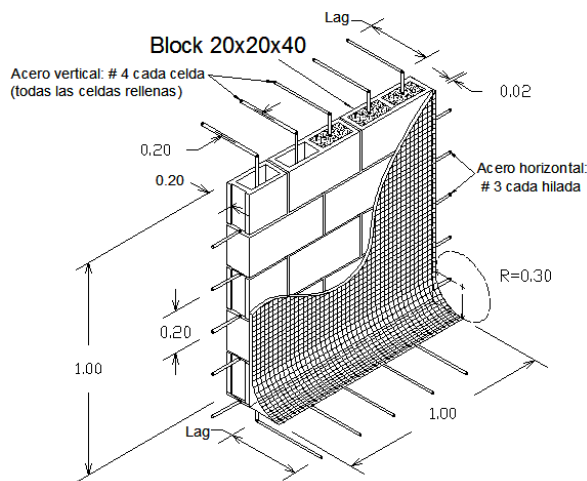


Figura 7 Muro tipo M-3 y su costo

MATERIALES				
Descripcion	unidad	cantidad	costo unitario	total
Cemento	sacos	0,60	5.982,23	3.603,92
Arena	m3	0,03	22.577,00	723,03
Piedra	m3	0,06	14.999,00	960,69
Varilla corrugada #3	ud	1,00	3.615,00	3.615,00
Varilla corrugada #2	ud	3,38	1.540,00	5.202,70
Alambre negro	Kg	0,74	1.000,00	735,57
Polvo de mármol	sac	0,33	1.700,00	566,67
Grano de mármol	sac	0,33	1.500,00	500,00
Cemento blanco	sacos	0,05	7.132,50	356,63
Discos de abasto	un	0,08	4.500,00	375,00
Lastre fino para compactar	m3	0,07	13.099,00	861,91
Regla 1" x 3"	varas	2,41	400,00	963,86
Tabla formaleta 1" x 4"	varas	1,20	2.000,00	2.409,64
Tabla formaleta 1" x 6"	varas	-	1.300,00	-
Tabla formaleta 1" x 12"	varas	1,20	1.428,00	1.720,48
Lámina de Plywood 6mm	lam	-	8.000,00	-
Lámina de Plywood 9mm	lam	-	10.000,00	-
Clavos corriente con cabeza 2"	kg	0,08	1.200,00	100,00
Clavos corriente con cabeza 2 1/2"	kg	0,08	1.500,00	125,00
Clavos de acero 2"----->>>1 caja =250 ud	ud	10,50	35,00	367,50
Acido muriático	gl	0,05	1.500,00	75,00

TOTAL/ml @23.187,59

VP-1 Viga 50cm X 15cm 6 # 3; Aro #2 @20cm

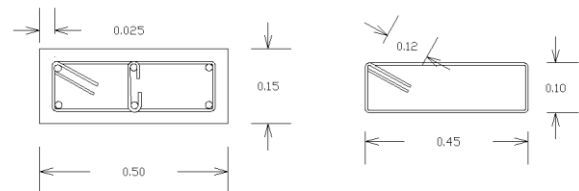


Figura 8 Viga tipo VP-1 y su costo

MATERIALES				
Descripcion	unidad	cantidad	costo unitario	total
Cemento	sacos	0,60	5.982,23	3.603,92
Arena	m3	0,03	22.577,00	723,03
Piedra	m3	0,06	14.999,00	960,69
Varilla corrugada #4	ud	1,00	3.615,00	3.615,00
Varilla corrugada #2	ud	3,38	1.540,00	5.202,70
Alambre negro	Kg	0,86	1.000,00	864,57
Polvo de mármol	sac	0,33	1.700,00	566,67
Grano de mármol	sac	0,33	1.500,00	500,00
Cemento blanco	sacos	0,05	7.132,50	356,63
Discos de abasto	un	0,08	4.500,00	375,00
Lastre fino para compactar	m3	0,07	13.099,00	861,91
Regla 1" x 3"	varas	4,25	400,00	1.700,00
Tabla formaleta 1" x 4"	varas	1,20	2.000,00	2.409,64
Tabla formaleta 1" x 6"	varas	1,20	1.300,00	1.566,27
Tabla formaleta 1" x 12"	varas	1,20	1.428,00	1.720,48
Lámina de Plywood 6mm	lam	0,15	8.000,00	1.225,60
Lámina de Plywood 9mm	lam	0,15	10.000,00	1.532,00
Clavos corriente con cabeza 2"	kg	0,08	1.200,00	100,00
Clavos corriente con cabeza 2 1/2"	kg	0,08	1.500,00	125,00
Clavos de acero 2"----->>>1 caja =250 ud	ud	10,50	35,00	367,50
Acido muriático	gl	0,05	1.500,00	75,00

TOTAL/ml @28.376,60

VP-2 Viga 50cm X 15cm 6 # 4; Aro #2 @20cm

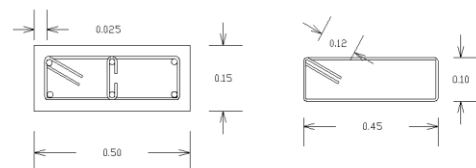


Figura 9 Viga tipo VP-2 y su costo.

MATERIALES				
Descripcion	unidad	cantidad	costo unitario	total
Cemento	sacos	0,48	5.982,23	2.883,14
Arena	m3	0,03	22.577,00	578,42
Piedra	m3	0,05	14.999,00	768,55
Varilla corrugada #4	ud	0,67	3.615,00	2.410,00
Varilla corrugada #2	ud	3,79	1.540,00	5.833,33
Alambre negro	Kg	0,75	1.000,00	748,36
Polvo de mármol	sac	0,27	1.700,00	453,33
Grano de mármol	sac	0,27	1.500,00	400,00
Cemento blanco	sacos	0,04	7.132,50	285,30
Discos de abasto	un	0,08	4.500,00	375,00
Lastre fino para compactar	m3	0,07	13.099,00	861,91
Regla 1" x 3"	varas	4,25	400,00	1.700,00
Tabla formaleta 1" x 4"	varas	1,20	2.000,00	2.409,64
Tabla formaleta 1" x 6"	varas	1,20	1.300,00	1.566,27
Tabla formaleta 1" x 12"	varas	1,20	1.428,00	1.720,48
Lámina de Plywood 6mm	lam	0,15	8.000,00	1.225,60
Lámina de Plywood 9mm	lam	0,15	10.000,00	1.532,00
Clavos corriente con cabeza 2"	kg	0,08	1.200,00	100,00
Clavos corriente con cabeza 2 1/2"	kg	0,08	1.500,00	125,00
Clavos de acero 2"----->>>1 caja =250 ud	ud	10,50	35,00	367,50
Acido muriático	gl	0,04	1.500,00	60,00
TOTAL /ml				26.343,84

VS-1
Viga 40cm X 15cm
 4 # 3; Aro #2 @20cm

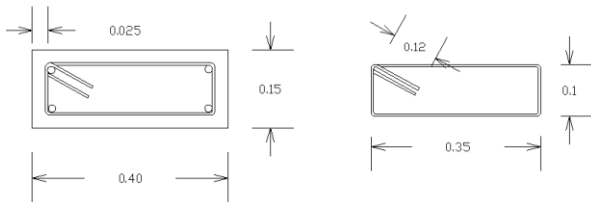


Figura 10 Viga tipo VS-1 y su costo.

MATERIALES				
Descripcion	unidad	cantidad	costo unitario	total
Cemento	sacos	1,42	5.982,23	8.499,40
Arena	m3	0,10	22.577,00	2.191,55
Piedra	m3	0,13	14.999,00	1.921,37
Varilla corrugada #3	ud	1,83	2.200,00	4.033,33
Alambre negro	Kg	0,31	1.000,00	308,00
Lastre fino para compactar	m3	0,35	13.099,00	4.519,16
Acril	0,11	9.200,00	993,14	
Vitrocera mica	m2	1,00	9.100,00	9.100,00
Diamond brite	bolsa	-	14.000,00	-
Otro acabado	m2	-	-	-
Cemento blanco	saco	0,10	7.132,50	713,25
TOTAL/m2				32.279,20

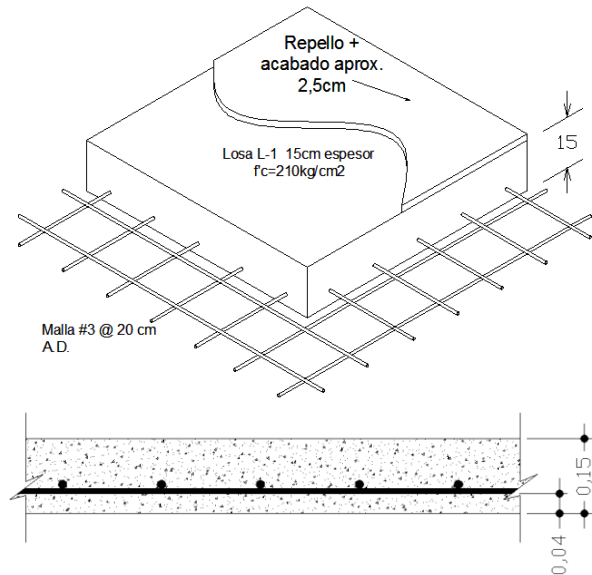


Figura 11 Losa tipo L-1 y su costo

MATERIALES				
Descripción	unidad	cantidad	costo unitario	total
Cemento	sacos	1,82	5.982,23	10.902,02
Arena	m3	0,12	22.577,00	2.673,57
Piedra	m3	0,17	14.999,00	2.561,83
Varilla corrugada #3	ud	1,83	2.200,00	4.033,33
Alambre negro	Kg	0,31	1.000,00	308,00
Lastre fino para compactar	m3	0,30	13.099,00	3.929,70
Acril		0,11	9.200,00	993,14
Vitrocera mica	m2	1,00	9.100,00	9.100,00
Diamond brite	bolsa	-	14.000,00	-
Otro acabado	m2	-	-	-
Cemento blanco	saco	0,10	7.132,50	713,25
TOTAL /m2				35.214,84

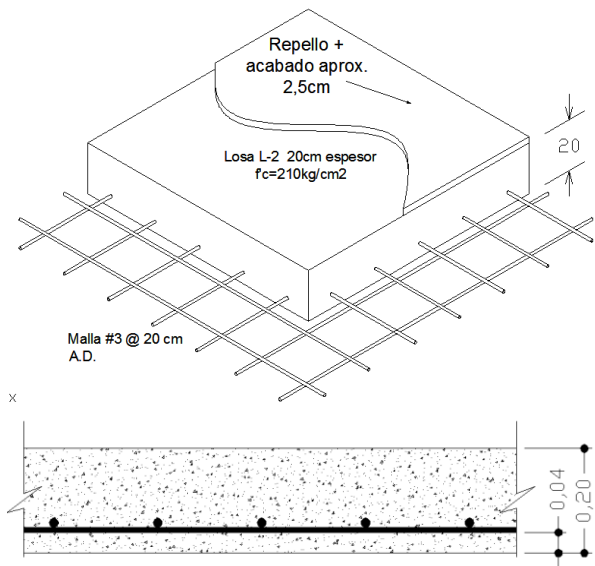


Figura 12 Losa tipo L-2

MATERIALES				
Descripción	unidad	cantidad	costo unitario	total
Cemento	sacos	1,82	5.982,23	10.902,02
Arena	m3	0,12	22.577,00	2.673,57
Piedra	m3	0,17	14.999,00	2.561,83
Varilla corrugada #3	ud	3,67	2.200,00	8.066,67
Alambre negro	Kg	0,62	1.000,00	616,00
Lastre fino para compactar	m3	0,30	13.099,00	3.929,70
Acril		0,11	9.200,00	993,14
Vitrocera mica	m2	1,00	9.100,00	9.100,00
Diamond brite	bolsa	-	14.000,00	-
Otro acabado	m2	-	-	-
Cemento blanco	saco	0,10	7.132,50	713,25
TOTAL /m2				39.556,17

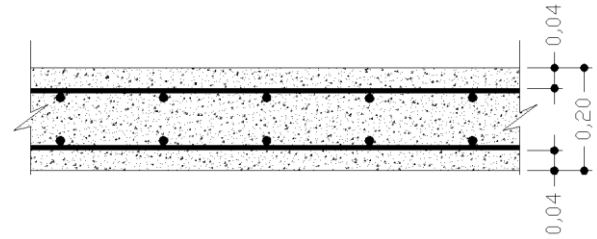
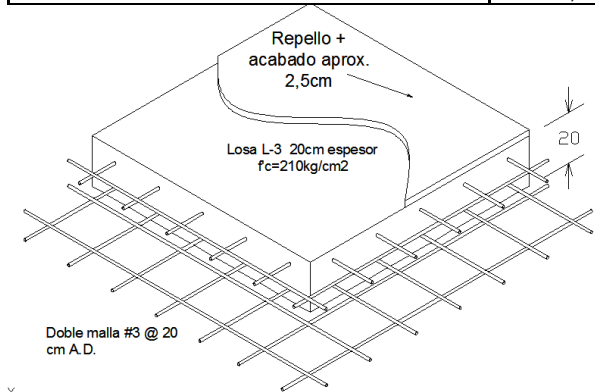


Figura 13 Losa tipo L-3

Con respecto a los costos se obtuvieron los siguientes resultados sujetos a los precios que el contexto del proyecto implica.

Elemento	Un	Precio
M-1	m2	Q54.970,00
M-2	m2	Q56.975,00
M-3	m2	Q63.550,00
VP-1*	ml	Q28.247,00
VP-2*	ml	Q28.376,00
VS-1*	ml	Q26.343,00
L-1	m2	Q32.280,00
L-2	m2	Q35.215,00
L-3	m2	Q39.560,00
T-1	m2	Q20.038,00
T-2	m2	Q24.296,00

* El costo de la viga fue evaluado para viga curva en voladizo, para otras condiciones el precio varía (ver anexo 2).

Cuadro 4 Precios de los diferentes componentes de piscinas.

Presupuestos

Obedeciendo el cumplimiento de los objetivos del proyecto se obtiene como resultado una herramienta computacional desarrollada mediante una hoja de cálculo de Microsoft Excel XP y el uso en la misma del lenguaje de programación Visual Basic mediante su motor de macros. En dicha aplicación se hace un análisis de los costos desde el punto de vista de los requerimientos del proyecto, de manera que haciendo una evaluación del tipo de suelo, y la zona sísmica en donde se encuentre el proyecto, se pueda determinar la combinación de elementos estructurales más adecuada para solucionar la necesidad de cada usuario. En el Apéndice 1 se detalla el funcionamiento de la hoja de cálculo, así como los detalles alrededor de la determinación del costo de un proyecto piscinero. La hoja de cálculo permite flexibilidad

en cuanto a las condiciones geométricas lo cual ofrece al usuario la posibilidad de variar las condiciones y asemejar en la medida do lo posible su presupuesto a las condiciones reales.

Manual escrito

A continuación se muestra el manual escrito obtenido mediante la realización del proyecto.

Análisis de los resultados

Con el fin de asignar un tipo correcto a los diferentes proyectos piscineros, se procede a hacer un análisis de los elementos estructurales. Las cargas utilizadas para el análisis son las mostradas en el apartado de cargas del capítulo de **Resultados**. Los modelos estructurales fueron analizados mediante el software SAP 2000.

En este capítulo se muestra también, la forma en que se obtuvieron los costos típicos para cada elemento, y se analizan las variables que afectan a cada uno.

El presente capítulo se ocupará también de mostrar la forma en que se analizó el sistema hidráulico de la piscina y las variables que lo gobiernan.

Modelos estructurales

Muros

El muro de la piscina se analizó como una viga de longitud máxima 1,5m, apoyada en una articulación en la parte superior y un empotramiento en la parte inferior que intentan representar las condiciones reales de esfuerzo. La unión entre losa y muro (apoyo inferior) se considera rígida y resistente a momento, mientras que la viga superior se encargará de transmitir la reacción del apoyo superior (pequeña) a elementos más rígidos, como lo son los contrafuertes perpendiculares al plano de las paredes. Los resultados de las cargas se muestra en el capítulo **Resultados** y se analizaron como muestra la figura 16.

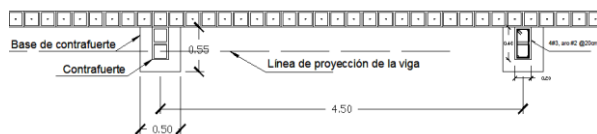


Figura 14 Ubicación de contrafuertes

Cabe destacar que no es una condición de diseño del muro el ser impermeable, ésta se

logrará luego con la implementación de un repello de impermeabilización.

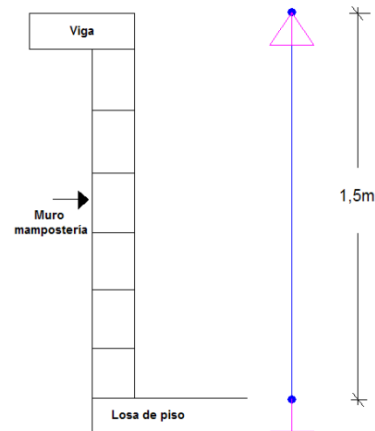


Figura 15 Modelo estructural de muro

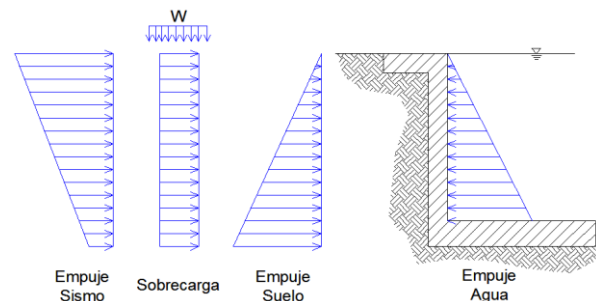


Figura 16 Diagrama de cargas para muros perimetrales

Cuando una piscina se encuentre terminada y en uso, los esfuerzos que los muros perimetrales experimentan son las cargas sísmicas, cargas permanentes del suelo y sobrecargas si existieran además del empuje que el agua que los muros contienen. Para analizar el caso más crítico se parte de la suposición de que la piscina se encuentra vacía, lo cual implica que los muros no están experimentando el empuje del agua. Si bien es cierto la piscina, en su modo normal de operación, debe estar completamente llena. Esto

no siempre se cumple, por lo tanto, el peor escenario esperado es el anteriormente mencionado. El análisis antes citado es conservador buscando un mayor grado de seguridad en el diseño.

Otra premisa de diseño establecida es la de que todo el perímetro de la piscina debe poseer un correcto sistema de drenaje para las aguas superficiales cercanas al vaso cuando estas existan. Además deben instalarse válvulas hidrostáticas que disipen el empuje que el nivel freático pueda ejercer sobre la piscina como fuerza boyante. Lo anterior implica que el nivel freático será controlado y mantenido bajo, o a lo sumo, al mismo nivel de desplante de la losa de fondo.

Bajo las premisas antes mencionadas se procede a analizar el modelo de la figura 15 obteniendo los siguientes diagramas de momento $M(x)$ para los diferentes casos de estudio según Cuadro 2 del capítulo de **Resultados**

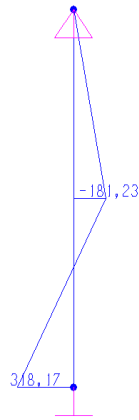


Figura 17 Diagrama de momentos $M(x)$ [kgf-m] CASO I

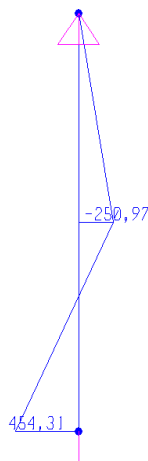


Figura 18 Diagrama de momentos $M(x)$ [kgf-m] CASO II

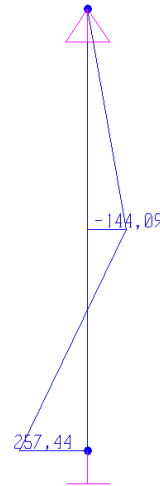


Figura 19 Diagrama de momentos $M(x)$ [kgf-m] CASO III

Como se puede observar en las gráficas anteriores, los momentos que se presentan en la mampostería se podrían considerar como pequeños. Esto, debido a la poca altura que presentan los muros. Las paredes que una piscina de carácter residencial y semideportivo presentan, no deben exceder 1,5 m, por lo tanto los resultados del análisis son acordes a lo esperado.

Ahora bien, se procedió a estudiar cada caso pero en la zona sísmica crítica según el cuadro 3 del capítulo de **Resultados**, esto es, para el caso y combinación de carga que reportara las cargas mas altas. El procedimiento de análisis consistió en calcular el acero de la sección de muro y posteriormente hacer una comparación con los elementos Tipo Muro presentados en el capítulo anterior.

A continuación se muestra el cálculo para el CASO I en la zona sísmica II ya que presenta los valores más altos para el CASO I en estudio. Se analiza un metro lineal de muro como lo muestra la figura 20:

$H[m]= 1,5$
 $M_u[T\cdot m]= 0,318$
 $M_u[kg\cdot cm]= 31.817,00$
 $f'm[kg/cm^2]= 70$
 $b[cm]= 100$
 $e[cm]= 15$
 $d[cm]= 7,5$
 $\phi= 0,75$
 $\alpha= 0,1077$
 $w= 0,1156$
 $f_y[kg/cm^2]= 2.800,00$
 $\rho= 0,002891$
 $\rho_{max}= 0,14$ OK!!!----> $\rho_{max}>\rho$
 $A_s[cm^2]= 2,17$

ACERO MÍNIMO			
ρ_{min}	$14/f_y=$	0,0050	$A_{s1}[cm^2]= 3,75$ #1
	$1.33A_s=$	2,88	$A_{s2}[cm^2]= 2,88$ #2
	$S_e[cm^2]$	3.750,00	
	$f_r[kg/cm^2]$	15,00	
	$M_r[kg\cdot cm]$	56250	
	α	0,1905	
	w	0,22	
	ρ	0,005467	
		$A_{s3}[cm^2]$	4,10 #3
	$A_s[cm^2]$	2,88	
	Usar varilla #3 @ 20cm => 3,56cm ² /m		

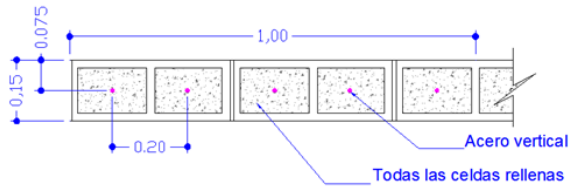


Figura 20 Sección típica de muro de mampostería (medidas en metros)

Lo siguiente es una muestra de cálculos para Caso II y Caso III en las zonas sísmicas más críticas según cuadro 3

Caso II, zona IV:

$H[m]= 1,50$
 $M_u[T\cdot m]= 0,45431$
 $M_u[kg\cdot cm]= 45431,00$
 $f'm[kg/cm^2]= 70,00$
 $b[cm]= 100,00$
 $e[cm]= 15,00$
 $d[cm]= 7,50$
 $\phi= 0,75$
 $\alpha= 0,15$
 $w= 0,17$
 $f_y[kg/cm^2]= 2800$
 $\rho= 0,0043$
 $\rho_{max}= 0,214$ OK!!!----> $\rho_{max}>\rho$
 $A_s[cm^2]= 3,21$

ACERO MÍNIMO			
ρ_{min}	$14/f_y=$	0,0050	$A_{s1}[cm^2]= 3,75$ #1
	$1.33A_s=$	4,27	$A_{s2}[cm^2]= 4,27$ #2
	$S_e[cm^2]$	3.750,00	
	$f_r[kg/cm^2]$	15,00	
	$M_r[kg\cdot cm]$	56250	
	α	0,1905	
	w	0,22	
	ρ	0,005467	
		$A_{s3}[cm^2]$	4,10 #3
	$A_s[cm^2]$	3,75	
	Usar varilla #4 @ 20cm => 6,33cm ² /m		

Caso III, zonas III y IV:

H[m]= 1,50
 M_u [T-m]= 0,26
 M_u [kg-cm]= 25744,00
 $f'm$ [kg/cm²]= 70,00
b[cm]= 100,00
e[cm]= 15,00
d[cm]= 7,50
 ϕ = 0,75
 α = 0,09
w= 0,09
 f_y [kg/cm²]= 2800,0000
 ρ = 0,0023

ρ_{max} = 0,1152 OK!!!----> $\rho_{max} > \rho$

A_s [cm²]= 1,7285

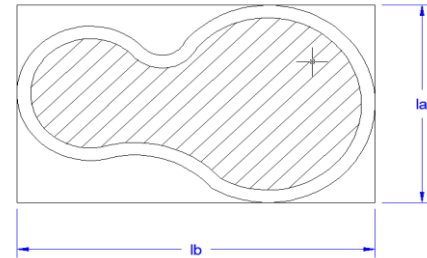
ACERO MÍNIMO				
ρ_{min}	14/ f_y =	0,0050	A_{s1} [cm ²]=	3,75 #1
	1.33 A_s =	2,30	A_{s2} [cm ²]=	2,30 #2
	S_g [cm ²]=	3.750,00		
	f_r [kg/cm ²]=	15,00		
	M_r [kg-cm]=	56250		
	α =	0,1905		
	w=	0,22		
	ρ =	0,005467		
			A_{s3} [cm ²]	4,10 #3
	A_s [cm ²]	2,30		
	Usar varilla #3 @ 20cm => 3,56cm ² /m			

Los muros tipo M-1, M-2 y M-3 cumplen con el área de acero por metro requerido y son suficiente para resistir los esfuerzos que se generan en los casos anteriores. Para el caso I se debe la utilizar del muro tipo M-2, para el caso II el muro M-3 y para el caso III el muro M-1.

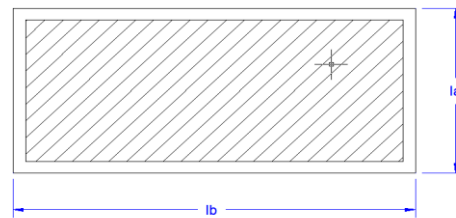
Losas

Con respecto a la losa de concreto se debe tener en cuenta que la geometría que estas puedan presentar en los proyectos varía considerablemente y van desde las formas más simétricas hasta las más orgánicas. Con el objetivo de revisar y unificar los diseños se

establece como área de losa aquella que contenga la forma en planta de la piscina de manera que los límites extremos de la piscina representaran los lados de un cuadrilátero que será la forma básica de la losa.



(a)



(b)

Figura 21 Dimensiones de losas (a) para formas orgánicas (b) áreas regulares.

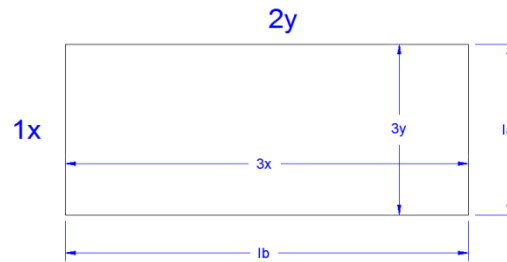


Figura 22 Modelo de análisis para losas.

Para el correcto análisis de la flexión y los momentos que la generan el presente trabajo establece que los paños que conforman la losa de análisis, no deben exceder los 4,5m de longitud en una misma dirección. Si ésto es necesario por motivos arquitectónicos, deben construirse vigas de piso en la losa que garanticen la correcta aplicación del modelo a lo largo de la misma.

Paralelo a lo anterior se debe establecer que donde fuere necesaria la utilización de vigas de piso, se debe trabajar con doble malla para poder resistir los momentos negativos que se

generen debido a la continuidad en los momentos que la losa experimentará.

Exceder en la longitud de 4,5m implicará la colocación de varillas mayores a la #3 lo que para una piscina de características residenciales y semideportivas se torna complicado y costoso.

También debe mencionarse que, igual que en muros, el efecto de empuje de aguas por niveles freáticos no se considera. Es parte indispensable de una piscina el correcto manejo del agua subterránea y, en el caso del manual que pretende obtener como resultado este trabajo, se sugiere el uso de drenajes y válvulas hidrostáticas que alivien las presiones que los elementos estructurales puedan experimentar. A continuación se muestra el cálculo para la revisión del diseño estructural de los elementos tipo losa:

Cargas:

f'c	210	kg/cm ²
fy	420,00	MPa
	4.282,99	kg/cm ²

CARGA PERMANENTE

Agua

Prof max	1,15	m
W _{H2O}	1,15	T/m ²

Peso propio

W _{pp}	0,36	T/m ²
-----------------	------	------------------

CARGA TEMPORAL

<u>W_{ct}</u>	0,02	T/m ²
-----------------------	------	------------------

CARGAS

CP	1,51	T/m ²
CT	0,02	T/m ²

LOSA L-1

DATOS DE LOSA

t =	15 cm
rec =	4 cm
l _a =	4,50 m
l _b =	4,50 m
m =	1,00 adim
ρ _{min} =	0,0018 adim
AS _{min} =	2,7 cm ²

RECUBRIMIENTO

Suposición de acero (varilla #?)

Varilla # 3

Diámetro [cm] = 0,9525

INFERIOR

R_{inf} = 10,52 cm

SUPERIOR

R_{sup} = 9,57 cm

φ = 0,9

	m = 1,00	
	M _{3x}	M _{3y}
<u>C_{cp}</u>	0,036	0,036
<u>C_{ct}</u>	0,036	0,036
FACTOR	C _b *W*l _b ²	C _a *W*l _a ²
M _{cp} [T-m]	1,19	1,19
M _{ct} [T-m]	0,01	0,01
M _u [T-m]	1,45	1,45
d [cm]	14,57	15,52
a [cm]	0,63	0,59
A _s (calculado) [cm ²]	2,64	2,47
A_s (colocar) [cm²]	3,60	3,60
S (calculado) [cm]	136,49	145,81
S _{max} [cm]	40,00	40,00
S [cm]	40,00	40,00

S_{final}

Para M_{3x}

1 varilla # 3 @ 20,00 cm

Para M_{3y}

1 varilla # 3 @ 20,00 cm

LOSA L-2

DATOS DE LOSA	
t =	20 cm
rec =	4 cm
l _a =	6,00 m
l _b =	6,00 m
m =	1,00 adim
ρ _{min} =	0,0018 adim
A _{Smin} =	3,6 cm ²
RECUBRIMIENTO	
Supocisión de acero (varilla #?)	
Varilla #	3
Diámetro [cm] =	0,9525
INFERIOR	
R _{inf} =	10,52 cm
SUPERIOR	
R _{sup} =	9,57 cm
φ =	0,9

	m = 1,00	
	M _{3x}	M _{3y}
<u>C_{CP}</u>	0,036	0,036
<u>C_{CT}</u>	0,036	0,036
FACTOR	C _b *W*l _b ²	C _a *W*l _a ²
M _{CP} [T-m]	1,10	1,10
M _{CT} [T-m]	0,01	0,01
M _U [T-m]	1,34	1,34
d [cm]	9,57	10,52
a [cm]	0,92	0,83
A _S (calculado) [cm ²]	3,83	3,45
A_S (colocar) [cm²]	3,83	3,45
S (calculado) [cm]	70,55	78,27
S _{max} [cm]	30,00	30,00
S [cm]	30,00	30,00

S _{final}			
	Para M _{3x}		
1 varilla #	3	@	20,00 cm
	Para M _{3y}		
1 varilla #	3	@	20,00 cm

LOSA L-3

La losa tipo L-3 (doble malla #3 A.D.) presenta una configuración de acero que la hace resistente a momentos positivos. Para este proyecto el efecto del nivel freático se está mitigando mediante drenajes por lo tanto el tipo de losa en cuestión se limita acaso en que los efectos de empuje boyante se quieran eliminar.

Los resultados del análisis indican que los elementos L-1 y L-2 podrían resistir las cargas con varillas de acero #3 a 20cm, lo que implica que la construcción de las losas de acuerdo a la forma convencional satisface los requerimientos que los casos propuestos exigen, todo esto, sin que el exceso represente un incremento significativo en los costos. Al igual que con los muros, se decide mantener el refuerzo extra como una medida conservadora que cubre las posibles variaciones en las condiciones establecidas como parámetros iniciales en el diseño que este trabajo analiza.

Vigas

El modelo utilizado para las vigas es el de una simplemente apoyada de un largo máximo de 5m, las longitudes menores implicarán un momento menor también, por lo tanto, su diseño sería suficiente. En caso de que las exigencias arquitectónicas sugieran una longitud mayor a 5m, debe proveerse a la misma de un apoyo para que el modelo estructural no varíe y no se den momentos mayores a los esperados. El apoyo debe consistir de un elemento tipo contrafuerte conformado de sección rectangular con ancho igual al de la pared que la contiene y un largo no menor a 50cm, este elemento tendrá como función la de apoyar la viga y de transmitir esfuerzos al suelo. Para cumplir con lo mencionado anteriormente este trabajo propone el uso de contrafuertes que, además de proveer soporte a la viga, se convierten en el elemento rígido perpendicular a las paredes perimetrales en la piscina. Debe indicarse que el profesional encargado de la obra debe garantizar la correcta compactación del lastre adyacente a los muros ya que éste será el soporte de la viga. Las malas prácticas que se pudieren dar en ese aspecto significarían variaciones en el modelo supuesto para las vigas de la piscina.

Si bien es cierto al existir contrafuertes, se debe analizar la continuidad en los muros, éste trabajo no profundiza en ese sentido ya que se sale del alcance de los objetivos, es recomendable sin embargo tomarlo en cuenta para posteriores análisis, debido a que este asunto podría implicar variaciones importantes en los diseños con respecto a los costos.

Las cargas que las vigas soportan fueron obtenidas para cada caso como resultado de la reacción que el modelo del muro indica en el apoyo superior. Los resultados de carga distribuida por metro en las vigas son los mostrados en el Cuadro 5.

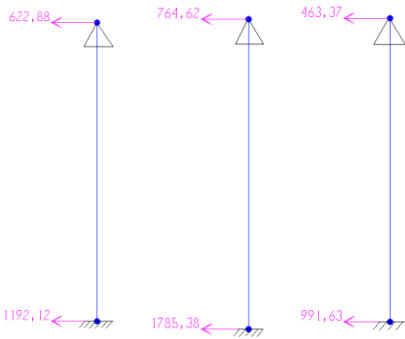


Figura 23 Resultado de reacciones (kg) para combinación de cargas sismo y empuje de tierra, caso I, II, III respectivamente.

	W _{cp} [kg/m]	W _{sis} [kg/m]	M _{cp} [kg-m]	M _{sis} [kg-m]
CASO I	200,63	422,25	902,83	1900,13
CASO II	364,92	399,70	1624,14	1798,65
CASO III	187,99	275,4	845,95	1239,21

Cuadro 5 Resultado de cargas para las vigas según caso.

La memoria de cálculo que indica como se obtienen los resultados de acero para las vigas puede consultarse en el Apéndice 2. Es claro que los elementos típicos satisfacen las necesidades en claros no mayores a 4,5m, para casos de mayor longitud de viga será necesario el uso de varillas #5 en adelante lo que no hace práctico el trabajo y encarece el proyecto.

Como resultado del razonamiento hecho anteriormente se propone el uso de vigas VP-1 para los casos I y III y viga VP-2 para el caso II. Vigas para Spa redondos, con radio no mayores a 1m se recomienda el uso de la viga VS-1.

La fuerza cortante que se genera en la unión losa muro (ver figura 24) debe ser tomada por algún elemento resistente, para este efecto

se muestran a continuación los cálculos respectivos.

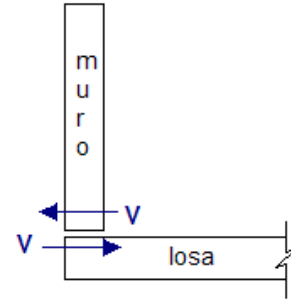


Figura 24 Fuerza cortante presente en la unión losa-muro.

$$A_{vf} = \frac{V_u}{\phi \mu f_y}$$

$$V_u = 1,79 \text{ Ton}$$

$$\phi = 0,85$$

$$\mu = 1,4$$

$$f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{vf} = \frac{1785,4 \text{ kg}}{0,85 \times 1,4 \times 2800 \text{ kg/cm}^2}$$

$$A_{vf} = 0,53 \text{ cm}^2$$

De manera que una varilla #3 @ 20 cm satisface suficientemente los requerimientos. Ésta varilla se colocará estilo dovela y su única función será la de resistir el cortante que se presenta.

Contrafuertes

El contrafuerte se ha estudiado como una viga apoyada mediante una articulación en la parte superior y un empotramiento en la inferior. La memoria de cálculo que indica como se obtienen los resultados de acero para los contrafuertes puede consultarse en el Apéndice 2. Se hace la suposición de que los muros soportan las cargas, sin embargo como se menciona antes, es necesario elementos de soporte para el correcto funcionamiento de las vigas y los muros. Los resultados se obtuvieron para el caso que presentó las cargas más altas. Encontrándose que con 4 varillas #3 y aros #2 @20cm se satisface todos los casos.

La forma y geometría de los contrafuertes se presenta en la figura 25.

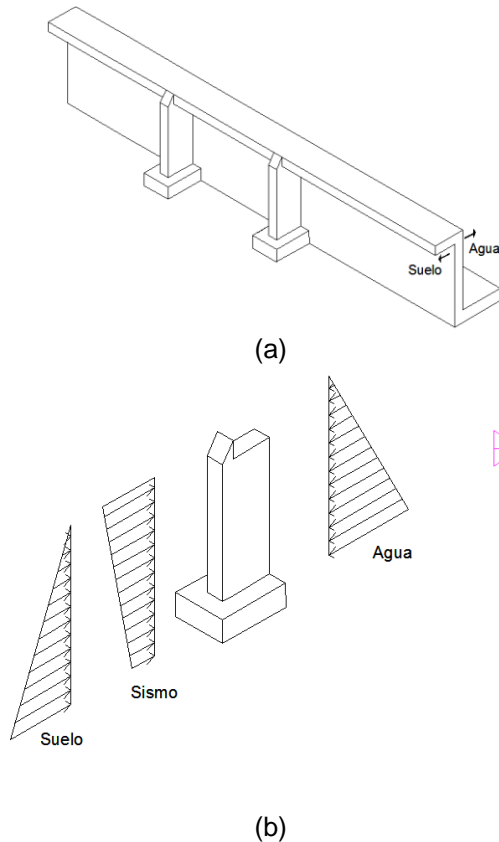


Figura 25 (a) Colocación de los contrafuertes. (b) Cargas y modelo para los contrafuertes.

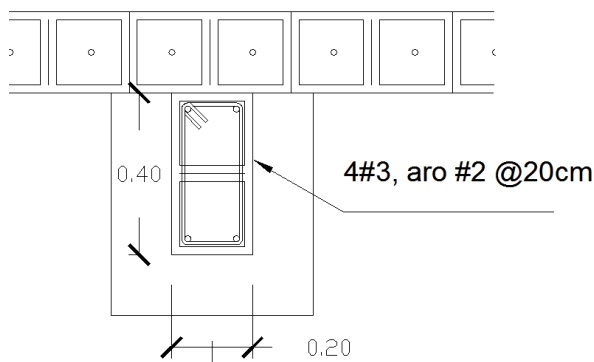


Figura 26 (a) Configuración de acero para contrafuertes.

A continuación se muestra un resumen de los resultados obtenidos mediante el análisis de elementos estructurales:

Cuadro 6 Elementos estructurales según caso.

	MURO	LOSA**	VIGA
CASO I	M-2	L-1	VP-1
CASO II	M-3	L-2	VP-2
CASO III	M-1	L-2	VP-1
Spa, piscina infantil *	M-1	L-1	VS-1

*Spas circulares, de radio no mayor a 1m, piscinas infantiles con profundidades constantes no mayor a 60cm y áreas no mayores a 15m².

** El tipo de losa L-3 solo se usará para casos donde un diseño estructural específico lo requiera.

Diseño hidráulico

El diseño hidráulico es una de las partes más importantes de un proyecto piscinero. El correcto manejo del agua será uno de los aspectos más importantes ya que de esto dependerá el buen funcionamiento de la piscina.

Existen ciertas técnicas que aproximan el diseño necesario para cada proyecto, propuestas inicialmente por las casas comercializadoras de equipo para piscinas. Éstas intentan guiar al usuario para hacer una compra correcta.

Con el fin de hacer una comparación y determinar la viabilidad de dichas técnicas con un diseño hidráulico formal, se hizo una comparación entre el diseño propuesto por Hayward Pool Products y uno desarrollado por el autor basándose en la teoría Hazen Williams.

En la herramienta computacional obtenida como resultado a este trabajo se ofrece una hoja de cálculo para cada tipo de diseño, orientándose principalmente a la obtención del caudal necesario para mantener un periodo de recirculación necesario. También se estima la pérdida total de energía a vencer por la bomba que se pretende instalar en el sistema.

La figura 27 presenta las curvas características para diferentes bombas y los puntos del sistema para el diseño de una piscina mediante los dos métodos antes indicados. Como se muestra en la figura 27 la principal diferencia que presentan estas dos formas de cálculo es la determinación de las pérdidas que el sistema experimenta.

La técnica propuesta por Hayward Pool Products implica un factor de seguridad alto que supone la adquisición de equipo más potente. Sin embargo posee la desventaja de incrementar los costos del proyecto.

El método mediante el cálculo de pérdidas con Hazen Williams hace una estimación mas realista de las perdidas tomando en cuenta los materiales de las tuberías, la velocidad del fluido y el caudal que trasiegan.

Todo diseño es particular para el proyecto y las necesidades que se desean satisfacer. Sin embargo, una estimación más apta ofrecerá un trabajo de mayor calidad. La “técnica de dedo” propuesta y aplicada por Hayward Pool

Products es una más apta para sistemas simples, de una sola bomba y líneas de succión y descarga que no sobrepasen los 10m de longitud. La hoja de cálculo obtenida como resultado da la posibilidad de comparar ambos métodos para un mismo caso lo que genera un criterio más dirigido o enfocado al diseñador para poder hacer una escogencia correcta de la bomba y tuberías para el sistema.

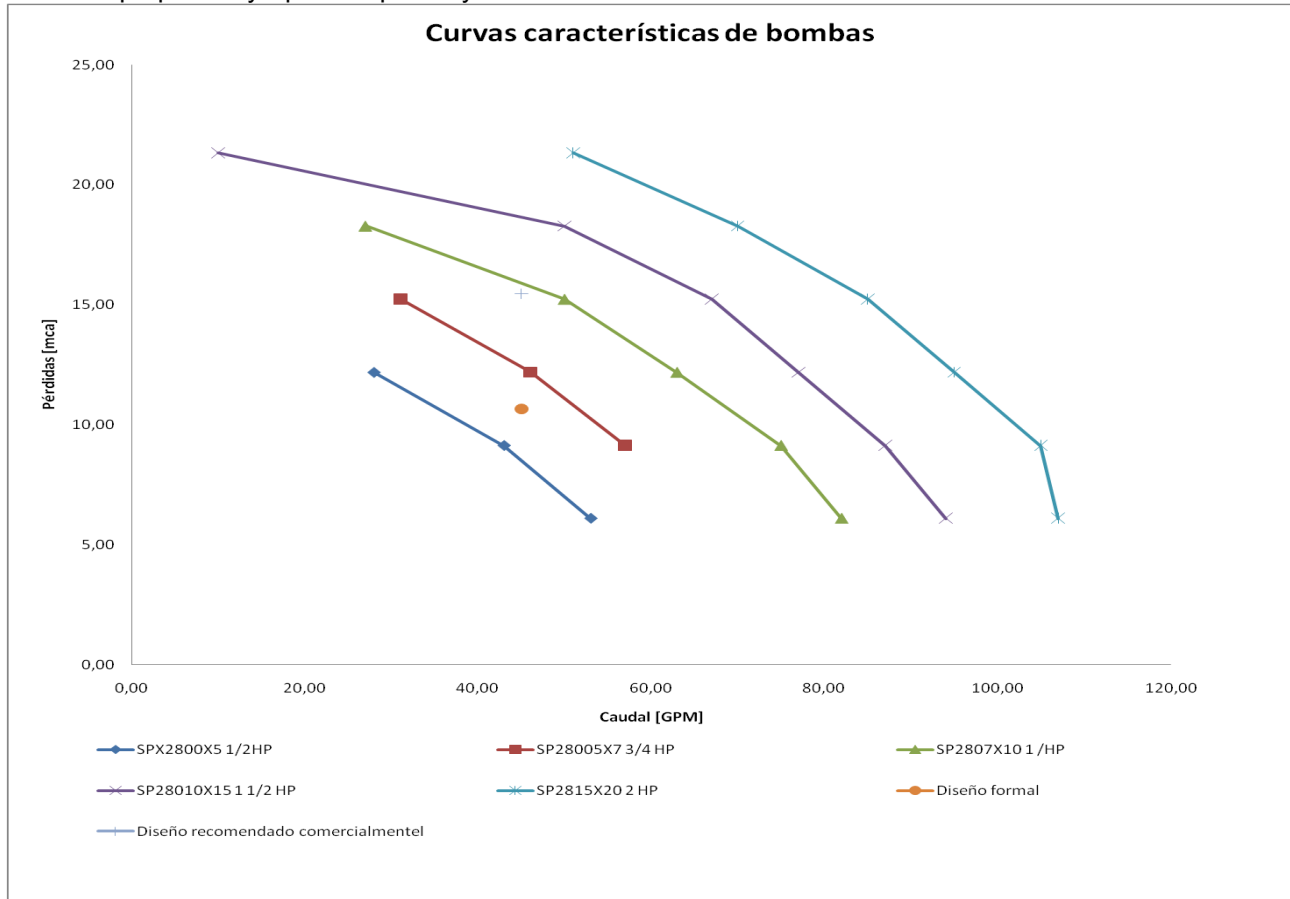


Figura 27 Curvas características para bombas Hayward y puntos del sistema para diseños formal e informal.

Hoja de cálculo para piscinas.

La hoja de cálculo intenta hacer una integración de los diferentes temas que este trabajo trata, de manera que se podría dividir en varios apartados entrelazados unos con otros para poder llevar a cabo un diseño y presupuesto del proyecto tal que, junto con el manual, abarquen y satisfagan la mayoría de los objetivos del proyecto. Estos

apartados son **determinación de costos, cotización y presupuesto, diseño y programación de obra.**

El **costo** se ha obtenido mediante la determinación del valor unitario de los diferentes elementos estructurales del proyecto, esto con el fin de estandarizar la forma de determinar los costos y poder aplicarla a la mayoría de los casos posibles. El precio de cada material es tomado de una base de datos que posee la misma hoja. Da al usuario la posibilidad de trabajar con el costo

bajo, medio y alto, para así poder generar distintos escenarios orientado a la creación de un presupuesto y cotización de proyectos de piscinas.

El **presupuesto y cotización** de las obras hace un cálculo de la cantidad de obra por realizar según las características del proyecto y la relaciona con el costo por unidad para así obtener un presupuesto total. Es importante aclarar que el programa hace un cálculo para un proyecto típico, esto es, piscinas que se encuentren en azoteas, no enterradas, etc. No están cubiertas en este proyecto.

Con el objetivo de poder llevar un control de materiales con respecto al consumo de los mismos en cada una de las unidades de obra, se generan las listas de materiales necesarios. Estas listas se generan automáticamente y también se resumen en una lista general de insumos para todo el proyecto. Las cantidades que la lista genera pueden ser variables en los diferentes proyectos, están sujetas a rendimientos de distintos materiales, técnicas de empleo, etc. Sin embargo, dan una buena idea de los materiales que el proyecto consumirá.

El **diseño** que el programa propone se enfoca en la instalación mecánica ya que ésta es la determinante para el proyecto de piscina como un todo. Muestra dos formas de calcular las pérdidas en el sistema así como el caudal trasegado por las líneas de succión y descarga del sistema, las compara mediante el gráfico y da al diseñador la posibilidad de seleccionar la bomba adecuada.

Nombre diseño **formal** al obtenido mediante la teoría Hazen Williams y **recomendado comercialmente** al propuesto por Hayward Pool Products.

Finalmente, con el objetivo de proporcionar al usuario una herramienta con la que pudiera controlar el **factor tiempo** en la ejecución de las obras, la hoja de cálculo propone un modelo de control basado en un modelo de actividades y subactividades continuas y dependientes de manera lineal. Si bien es cierto existe holgura en actividades que se pueden realizar de manera paralela, éstas no representarán una ganancia significativa en tiempo. Las actividades que demandan más tiempo son dependientes una de otra linealmente.

Manual escrito.

El principal objetivo del trabajo es proporcionar al usuario, al personal de construcción, maestros de obra e ingenieros, entre otros, un manual con lenguaje sencillo y de validez técnica para la construcción de piscinas residenciales y semi-deportivas. Con la finalidad de lograr dicho objetivo se propone el **Manual de diseño para piscinas residenciales y semideportivas** expuesto, el manual posee la característica de estar orientado específicamente a las piscinas enterradas, construidas bajo la tipología de paredes de bloques de concreto impermeabilizados con repellos de ferrocemento. El manual reúne una importante cantidad de información de la industria piscinera costarricense obtenida por medio de entrevistas y experiencia de campo. Se pone a disposición como una herramienta para tratar de mejorar la calidad de los proyectos constructivos en Costa Rica.

El documento hace uso de íconos que representan ciertos aspectos los cuales el autor desea destacar para su enfoque por parte del lector. Los iconos se orientan hacia la utilización paso a paso de la hoja de cálculo como herramienta de cómputo, la exposición de datos empíricos citados durante procesos de construcción que no son cien por ciento evidentes a la hora del diseño, y finalmente, notas de precaución con el fin de disminuir posibles riesgos de salud que durante el proceso de construcción se puedan dar.



Figura 28 Icono de referencia a uso de hoja de cálculo



Figura 29 Icono de referencia a consejos prácticos



Figura 30 Icono de referencia a notas de precaución

El documento posee la característica de no pretender ser una herramienta para la auto construcción ya que, el proceso de construir una piscina reúne una gran variedad de detalles que sugieren la intervención de una empresa especializada en este campo. Sin embargo, sugiere la utilización del mismo a personas

involucradas en el proceso, sean usuarios o constructores.

El documento consta de tres capítulos: el primero con el objeto de facilitar la comprensión del contenido y no restarle continuidad a la exposición del proceso constructivo.

El capítulo inicial es de instrucciones y recomendaciones generales en donde se hace una descripción de las herramientas, materiales y labores básicas requeridas en una construcción de este tipo.

El segundo ofrece al lector una descripción detallada de las obras que implica la construcción de una piscina residencial.

Finalmente, el último capítulo, ejemplifica el uso de la hoja de cálculo mediante un caso específico y enumera los puntos básicos para obtener resultados correctos.

Conclusiones

- Existe una clara necesidad de reducir los tiempos de respuesta al cliente en su solicitud de diseño de piscinas residenciales.
- Para efectos de este proyecto se clasificaron los proyectos para así generalizar los diseños estructurales según tipo de suelo y zona sísmica.
- Los diseños estructurales están regidos principalmente por las fuerzas sísmicas.
- El elemento que mas costo implica en materiales es el muro, donde su costo por metro cuadrado ronda los \$120 a \$150.
- La instalación mecánica representa uno de los rubros que más costo implica a la hora de construir una piscina, y uno de los que más varía a la hora de la construcción.
- Los muros de una piscina residencial presentan cargas moderadas debido a su altura (1,5m)
- Los casos de estudio donde se presentaron las cargas de diseño más altas, coinciden con las zonas donde actualmente se desarrollan la mayor cantidad de proyectos piscineros en el país.
- Las losas de fondo de piscinas residenciales no deben poseer dimensiones mayores a los 4,5 m, de lo contrario los costos se verán significativamente incrementados.
- Las vigas para una piscina residencial no superarán los 5m de longitud, ésto para no comprometer estructuralmente el conjunto.
- El diseño eléctrico de una piscina debe hacerse por un ingeniero capacitado ya que ésta se encuentra categorizada como proyecto especial.
- Existen en el mercado, técnicas de diseño hidráulico recomendadas comercialmente, sin embargo éstas por lo general generan gastos extras en equipos.
- La diferencia entre el diseño hidráulico formal y el recomendado comercialmente radica principalmente en la determinación de las pérdidas del sistema.
- El costo general de mercado para piscinas residenciales y semideportivas ronda entre los \$500 y \$550 el metro cuadrado de construcción.
- La forma en que se construyen actualmente las piscinas responde mas a un factor de experiencia que a un diseño estructural formalmente fundamentado. Es una mala práctica ya que cada caso debe estudiarse individualmente para obtener el mejor costo sin poner en riesgo la vida de los bañistas.
- El Manual para la construcción de piscinas residenciales y semideportivas reúne una importante cantidad de información empírica que hasta el momento no se encontraba documentada
- Los principales aspectos a tomar en cuenta para el diseño arquitectónico de una piscina son la topografía, forma, tamaño y la normativa nacional que rige éste tipo de proyectos.
- Se analizaron las variables que gobiernan el diseño estructural en piscinas, y se encontró que los elementos estructurales típicamente usados satisfacen las necesidades en diversos casos de uso.
- Se obtuvo una herramienta computacional enfocada en la inversión económica, que permite facilitar el diseño y construcción de piscinas.
- Se consulto acerca de la oferta de los diferentes equipos hidráulicos, se encontró que cada caso en estudio requiere de un análisis particular.
- Se corroboró la existencia, de gran cantidad de información sobre el tema de piscinas, sin documentar, así como cantidad de conocimientos empíricos.

Recomendaciones

- Es recomendable que las piscinas tengan sistemas de drenaje eficientes que permitan el control del nivel freático.
- Una vez este terminada la obra gris de la piscina, ésta debe llenarse para que el fraguado se de bajo condiciones de empuje equilibradas.
- Se recomienda realizar diseños electromecánicos específicos para cada caso.
- Para losas con dimensiones mayores a 4,5m deben construirse vigas de piso que proporcionen una distribución de esfuerzos adecuada.
- Deben colocarse dovelas de varilla #3 en las uniones entre viga-muro y losa-muro, las cuales van a resistir la fuerza cortante que se genera en esas zonas.
- Un diseño hidráulico más detallado y particular para cada piscina, optimiza los equipos a utilizar lo que se traduce en costos más bajos.
- Es indispensable realizar un estudio de suelos en la zona destinada a la construcción de la piscina, ya que las propiedades mecánicas del suelo del sitio serán determinantes en el diseño del proyecto.
- Cuando se hagan las excavaciones para el proyecto, debe señalizarse bien la zona, ya que es en este punto es donde se registra la mayor cantidad de accidentes laborales.
- Los niveles en el proyecto se deben referenciar a una marca inamovible. Ésta debe funcionar de inicio a fin del proyecto.
- Se recomienda independizar estructuralmente la piscina de las obras aledañas mediante el uso de láminas de poliestireno de 25mm (1")
- El material utilizado para los rellenos perimetrales debe ser de buena calidad y su compactación debe cumplir con las indicaciones en planos. Malas prácticas de compactación se traducen en esfuerzos no esperados en los elementos estructurales.

Apéndices

A continuación se muestran algunos de los materiales preparados en el proyecto.

Apéndice 1: Memoria del cálculo para diseño de vigas y contrafuerte.

Apéndice 2 : Instructivo para el uso de la hoja de cálculo.

Anexos

Anexo 1 :

Extracto del Catálogo de productos Hayward,
para el diseño de bombas y filtros para piscinas

*The basics of pump-filter sizing, Hayward
Industries Inc. USA, 2008. 20 de febrero 2008.*

Disponible en:

http://www.haywardnet.com/pdfs/Pump_filter_sizing.pdf

Anexo 2 :

Memoria de cálculo para la determinación de
costos de piscinas.

Referencias

- Cusa Ramos, Juan de. 2005. **PISCINAS PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN**. España: Editorial CEAC.
- Mott, Robert L. 1996. **MECÁNICA DE FLUIDOS APLICADA**. México: Editorial PEARSON Educativo de México.
- Wainshtok, Hugo. 1998. **FERROCEMENTO DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN**. Ecuador: Editorial Félix Varela.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. 2006. **CÓDIGO SÍSMICO DE COSTA RICA**. 1era Ed. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Ministerio de vivienda y asentamientos humanos. Noviembre 1989. **MANUAL DE AUTOCOSTRUCIÓN PARA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL**. San José: Arte y Letra S.A.
- Poolmaxx S.A. 2006. **INSTRUCTIVO MANTENIMIENTO QUÍMICO DE AGUAS**. (Enero 2006)
- Altamirano, M. 2008. **CONSIDERACIONES ARQUITECTÓNICAS PARA PISCINAS**. Escazú Poolmaxx S.A. Comunicación personal.
- ACI 318S-05. **"REQUISITOS DE REGLAMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL Y COMENTARIO"**. Versión en español y en sistema métrico. Primera impresión. Diciembre del 2005.
- National Electrical Code Committee. 2002. National Electrical Code. **NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION**. 70-523p.
- Hayward Pool Products Inc. 2007. 2007 Buyer's Guide & Price List. **HAYWARD POOL PRODUCTS**. (Diciembre 2006)