

PROYECTO Y TESIS

BORIS IVELIC

El Magíster Náutico & Marítimo (N&M) trabaja en base a Proyecto y Tesis. La pregunta es ¿cómo se compatibilizan un proyecto con una tesis? 1. Los alumnos de pregrado y titulantés trabajan en un proyecto, que cuida por el total de la obra y que debe cumplir las exigencias profesionales especificadas en los programas de la escuela. 2. Los magíster trabajan en una tesis, es decir una investigación, que implica algo no conocido y debe reducir su margen de investigación. Esto podría generar una incompatibilidad entre Proyecto y Tesis, en la formación continua. A modo de hipótesis adelantaremos donde queremos llegar: La tesis se inscribe en el contexto de un proyecto, toma un elemento de él, que corresponde al origen de la obra, al acto que nace de la observación, su generatriz. En el caso del magister N&M, puede ser que ese elemento sea algo fundamental en su funcionamiento.

- ➔ Proyecto
- Tesis
- Magíster Náutico y Marítimo

FUNDAMENTACION

La experiencia de 54 tesis de magíster nos muestra que proyecto y tesis han sido llevadas en conjunto, ya que se requieren mutuamente. Esto queremos demostrar con el análisis de proyectos emblemáticos de la Escuela y algunos representativos del magíster, que se explicitan a continuación:

LA OBSERVACIÓN, EL ACTO Y LA FORMA

Antes que nada es necesario aclarar estos conceptos. Lo más explícito y claro es estudiarlo en el original: el proyecto de la Capilla Pajaritos de Alberto Cruz, realizado y publicado en 1954. Los alumnos provenientes de la Escuela lo saben muy bien, pero no los alumnos provenientes de otras universidades o del extranjero. Lo más aconsejable es leer y estudiar estos originales, sin embargo, para la comprensión de lo que expondremos, haremos un resumen con citas extraídas del fundamento de la capilla.

1. PROYECTO CAPILLA PAJARITOS 1954

Observación: "...Fue precisamente antes de recibir el encargo para realizar la capilla que participé en una misa recordatorio en la casa del fundo Los Pajaritos. Las ventanas se entornaron para quitar el paisaje del living y transformarlo en un oratorio. Suavísima, delicadísima, luminosa penumbra surgió. Una luz que hacía mirar al espacio, solo al espacio. Ningún muro, ninguna

pared (el living era un living normal: lleno de complicaciones, se entiende). La luz, me dije. La luz es la arena para estar junto al mar de nuestro orar. Hoy no comparece nada más que la luz. Hoy al ojo llega solo la luz. Lo demás no importa, no interesa nada, puede ser lo que se quiera."

Acto: "No la iglesia de las formas de las ausencias. Sino la iglesia de la forma de la ausencia. Por eso no me preocupo de lo demás. Por eso me preocupo de mi generatriz: la luz..." (Cruz, 1954)

Forma: Esta luz se recoge en un cubo de luz cenital, iluminando con luz tenue las paredes para construir la luz de la ausencia.

Proyecto: Tiene ubicación, una plataforma elevada donde se ubican la capilla y el nicho de la Virgen. Plataforma que es pórtico. La sacristía se ubica en un vértice, por atrás del cubo, con acceso propio. Se especifican todos los detalles constructivos.

¿Como se verificó esta luz de ausencia? ¿Cómo lo haríamos hoy? Construyendo una tesis y recorriendo a Helmuth Stüven y a Enrique Piraino ingenieros luminotécnicos, que en esa época, nos plantearon lo siguiente:

Tesis: Luz de la ausencia.

Hipótesis: Midiendo con instrumentos, los lux y lúmenes de la luz producida en el living de la casa patronal, se puede reproducir esta luz mediante un modelo (maqueta) de la capilla a escala, con aberturas en la parte superior

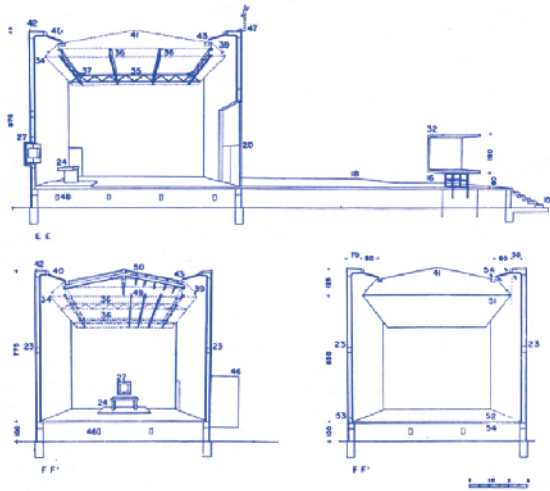
(lucarnas) que sean graduables, hasta lograr la medida de la luz en lux y lúmenes buscadas.

Metodología: Hoy, utilizando el heliodón se puede medir la intensidad luminosa interior del cubo (maqueta) y observar cómo esa luz puede modificarse en el transcurso solar. Posiblemente las aberturas no sean homogéneas en las cuatro paredes.

Comportamiento energético: Energía luminosa, la luz puede ser calculada teóricamente en su comportamiento ondulatorio como óptica y física geométrica: se pueden calcular los espejos, los lentes. Se puede calcular la incidencia del sol sobre un edificio y su asoleamiento.



↑ Isométrica, ubicación de la capilla en el fundo



↑ Cortes, elevaciones de la capilla

¿Por qué el heliodón? Porque nos entrega la tridimensionalidad del espacio. Porque nos permite que los cálculos de asoleamiento sean muy rápidos. Utilizando un modelo (maqueta), podemos analizar el comportamiento de la luz en cada instante del día y en cada una de las estaciones, otorgándonos la posibilidad de “maquetear” la luz.¹

En el modelo podemos “ver” la luz, con su intensidad, cromatismo.

2. PROYECTO ESCUELA NAVAL 1957

Concurso en que participó nuestra Escuela. El proyecto es concebido en base a un conjunto de edificios y patios para albergar los distintos requerimientos que exige el programa. Los patios son un espacio muy importante para la

formación de los cadetes en el aspecto físico y de la marcialidad que un soldado requiere en su formación. Sin embargo, el lugar de la obra (Playa Ancha) es de intenso viento, por lo que el proyecto propone generar unos patios de “sombras del viento”, utilizando los edificios que deben albergar el programa de la obra.

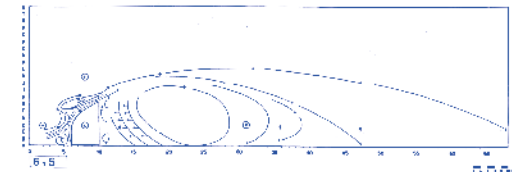
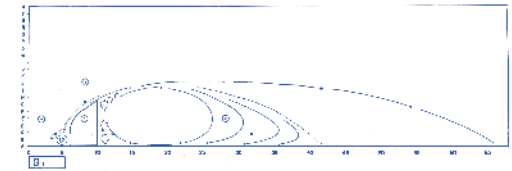
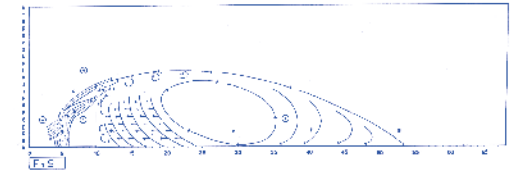
Tesis: Construir sombras de viento.

Hipótesis: Propone que mediante unos *slots* integrados en los edificios, utilizando el efecto Venturi, basado en el principio de Bernoulli, los flujos de viento pueden acelerarse y aumentar la magnitud de sombra de los patios, sin aumentar la altura de los edificios.

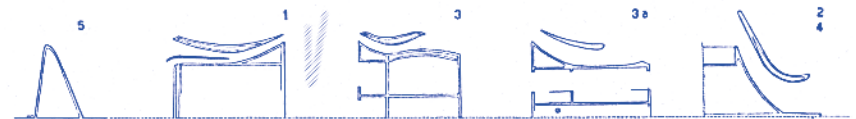
Metodología: Utilizando un modelo en un túnel de viento y en un canal de agua, construidos expresamente, se diseñan, calculan y verifican los *slots* de los edificios, mediante prueba y error.

Comportamiento energético: Energía aerodinámica. El viento es un fluido en movimiento, esto lo estudia la Aerodinámica. Ya hemos planteado que solo los modelos y túneles de viento otorgan certeza en su comportamiento. En el caso de la Escuela Naval se estudió paralelamente en un túnel hidrodinámico y ello porque agua y aire son fluidos y sus comportamientos son

semejantes. Se empleó el agua para visualizar de mejor manera la incidencia y comportamiento del fluido sobre los *slots*. Incluso, para mejorar y contrastar se agregaban filamentos de anilina.



- ↑ Resultado de las pruebas de modelo
- ↓ Perfiles de slots en los edificios



3. OBRA IGLESIA DE CORRAL 1962

Nuestra Escuela participó en la reconstrucción de las iglesias del sur, después del terremoto y tsunami de 1960. En el caso de Corral, fue una reconstrucción de la iglesia. Originalmente era de tres naves y una bóveda continua en el centro, sostenida por pilares a lo largo de ella.

De acuerdo a las nuevas reformas litúrgicas del Concilio Vaticano, el sentido del templo es que los fieles se ubiquen próximos al presbiterio. Este, a su vez, debe tener mayor magnitud para los nuevos oficios religiosos. Se propone que la iglesia recobre un ancho de proximidad al altar, para que los fieles se ubiquen en una distancia equivalente. Para ello se suprimen los pilares que sostienen la bóveda y se eliminan unas salas laterales, causantes de provocar lejanía de los fieles, permitiendo además, ampliar el presbiterio.

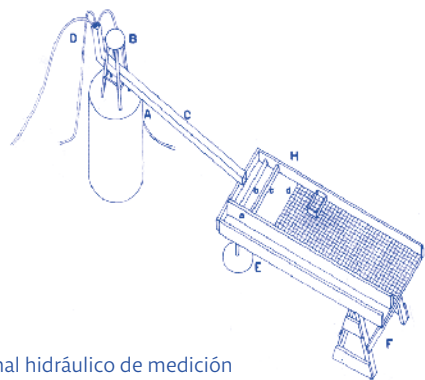
Tesis: Transformar el largo en un ancho de proximidad.

Hipótesis: Mediante dos vigas paralelas, del largo de la iglesia, colocadas en el entretecho en ambos extremos de la bóveda corrida, reemplacen los pilares.

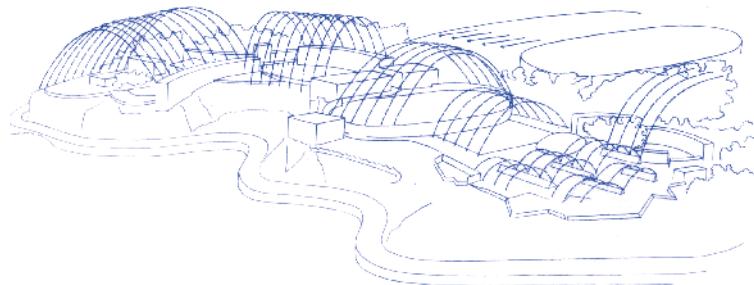
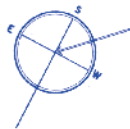
Metodología: La obra construida en verdadera magnitud. La iglesia cumplió 59 años desde su reconstrucción y está en perfecto estado.

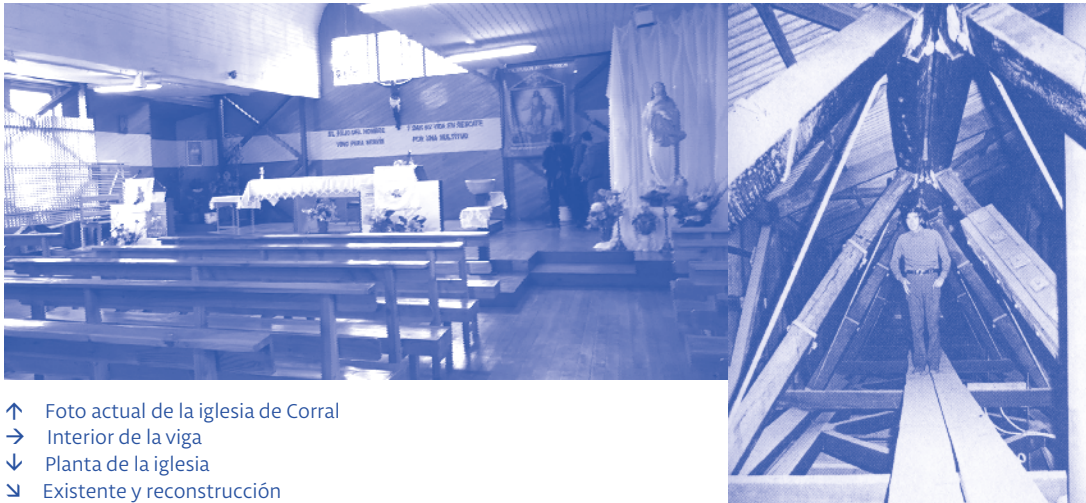
Las maderas de las vigas se rescataron de la bodega de un barco hundido y tienen una luz de 20 m, manteniéndose completamente estables.²

Comportamiento energético: La energía del sismo. El cálculo estructural de una obra hoy, en general, lo es en forma teórica. Los cálculos se rigen por fórmulas matemáticas basadas en estadísticas. El estudiante no visualiza el comportamiento estructural, le queda en una abstracción. Nosotros hemos implementado una mesa oscilatoria con modelos de goma que hacen visibles las deformaciones y movimientos de los materiales, de acuerdo a la intensidad que se le proporcione al equipo. Así, un estudiante podría diseñar una estructura y ser sometida, posteriormente, al cálculo de un ingeniero estructuralista.

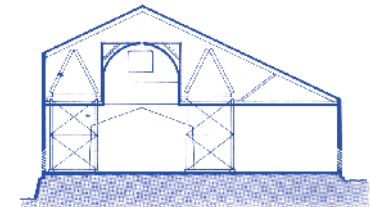


↑ Canal hidráulico de medición
 ↓ Planta e isométrica del conjunto

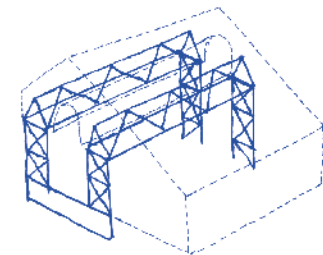
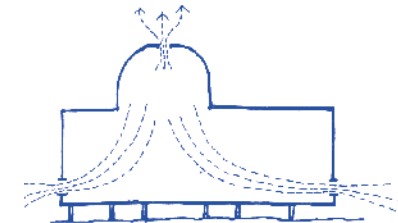
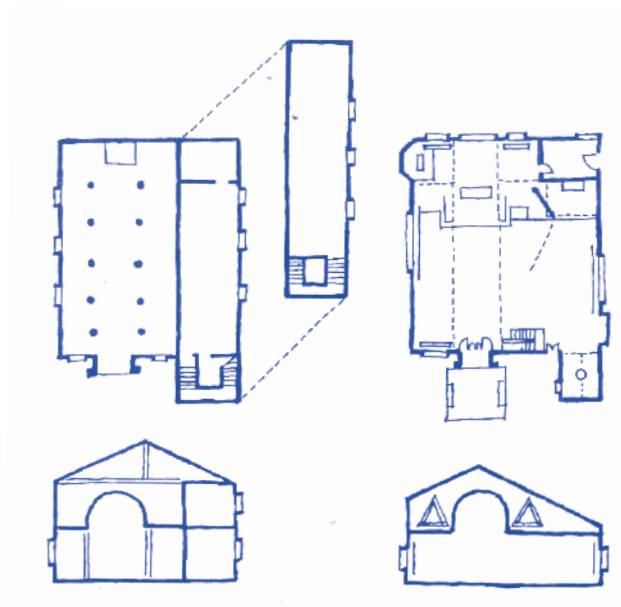
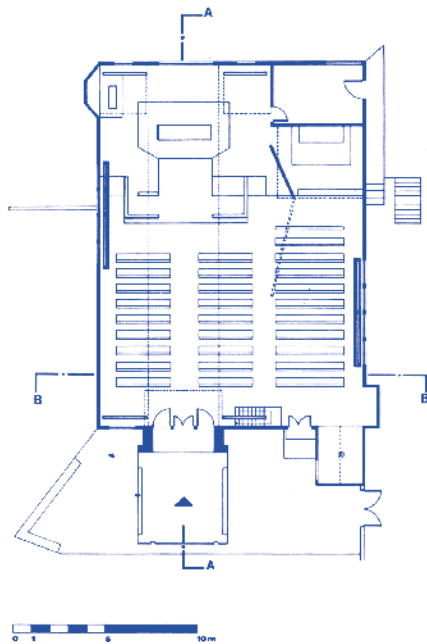




- ↑ Foto actual de la iglesia de Corral
- Interior de la viga
- ↓ Planta de la iglesia
- ↘ Existente y reconstrucción



- ↑ Vigas A, reemplazan los pilares
- ↓ Esquema vigas



4. OBRA SALA DE MUSICA CA 1972

En planta es un cuadrado de 10 x 10 m. Es un espacio para interpretar música.

En lo cotidiano se usa como una sala múltiple: de clases, trabajo, reuniones, exposiciones, almuerzos y banquetes. Consta de un deambulatorio perimetral y un *impluvium* que ilumina y ventila la sala y tres accesos. El *impluvium* se puede abrir y cerrar mediante cuatro ventanas vidriadas. Es una obra aislada de ruidos exteriores para los conciertos o ensayos musicales, y tiene paneles en los muros interiores para favorecer la acústica de la sala.

Tesis: Afinar la sala para los conciertos.

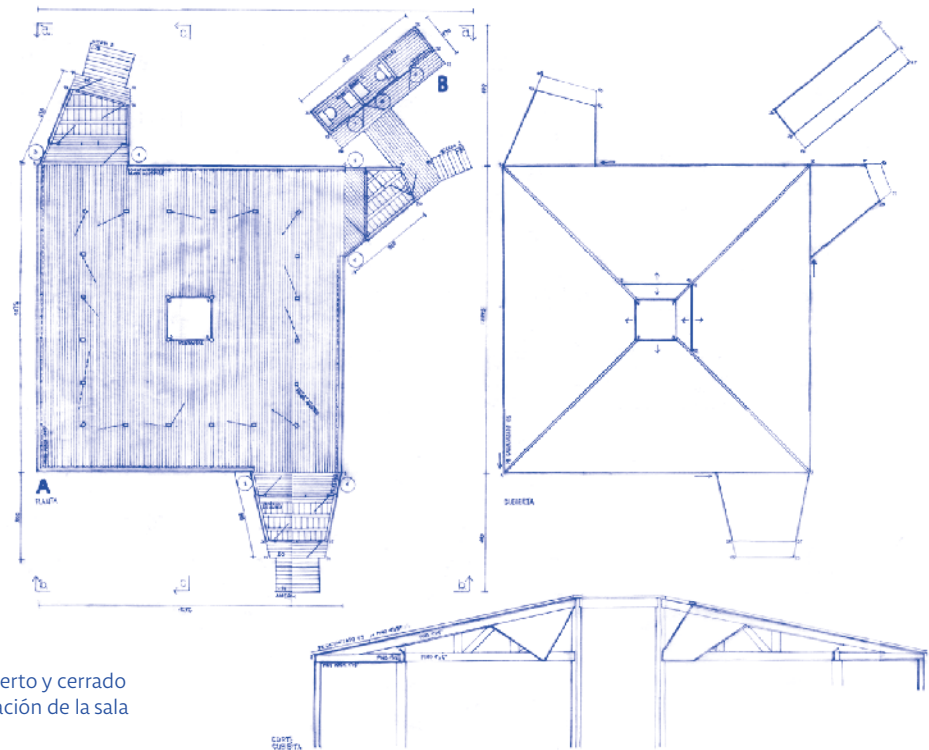
Hipótesis: Mediante paneles reflejantes por una cara y absorbentes por la otra, ubicados en los muros de la sala, que puedan girarse, permitiendo afinar la sala para los conciertos que se ejecutan, según al grado de reverberación que se quiera obtener.

Metodología: No hubo modelo, sino la obra en verdadera magnitud y se comprueba el resultado de los paneles: funcionan como absorbentes y no como reflejantes del sonido.

Comportamiento energético: Energía sonora, que al comportarse como onda mecánica, puede ser calculada teóricamente en sus cualidades principalmente de reflexión. Sin embargo, el sonido se propaga en todas direcciones y este cálculo tridimensional es complejo.

El arquitecto Alvar Aalto para realizar el cálculo acústico de sus edificios construyó un modelo utilizando la luz. Con ello hacía visible la trayectoria del sonido, permitiéndole calcular la geometría de incidencia y reflexión en los paneles del cielo de la iglesia, evitando ecos y reverberaciones no deseadas.

Luz y sonido son ondas, si bien de muy distinto origen, similares en su comportamiento físico.³



5. OBRA ARPA EÓLICA 1992

Ubicada en la Hospedería de la Entrada (por donde se accede a los terrenos bajos de la Ciudad Abierta), formada por un patio pórtico de hipóstilas inclinadas que se prolongan en la estructura de la hospedería.

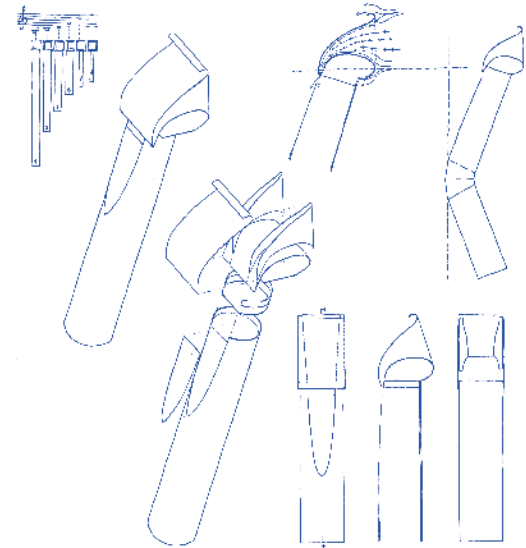
Las hipóstilas, a la manera de un bosque, traen el sonido del viento a través de las hojas para recoger el viento SW predominante, transformándolo en sonidos afinados por acordes.

Tesis: Transformar el viento en sonido.

Hipótesis: A partir del principio de funcionamiento eólico de los tubos de órgano (conocidos), y diseñando unas bocatomas aerodinámicas (desconocidas), capten el viento y lo aceleren, formando flujos laminares dirigidos a la lengüeta del tubo, para crear turbulencias y hacer vibrar las partículas de aire en su interior, produciendo el sonido buscado.

Metodología: La que empleamos en esos tiempos, al no tener un túnel de viento, era mediante un vehículo abierto probar los tubos en velocidad, generando viento. Nos dimos cuenta que en las primeras bocatomas se producían turbulencias en los bordes de ataque, impidiendo producir sonidos. La solución fue curvar los bordes y generar flujos laminares.

Comportamiento energético: Energía aerodinámica. Hoy, al poseer el túnel de viento, se nos facilita mucho esta transformación de energía aerodinámica en energía sonora. Podemos cambiar rápidamente la intensidad del viento y tener resultados que pueden ser cuantificados. Se generan flujos laminares en la bocatoma, los que son encausados a la lengüeta donde se transforman en flujos turbulentos que producen sonido y notas según la escala musical, de acuerdo al cálculo del largo de los tubos.



- ↑ Arpa eólica, ubicada en el acceso de la
- ↓ Hospedería de la Entrada, Ciudad Abierta de Ritoque



6. OBRA CASA DE LOS NOMBRES 1992

Construida para la exposición de los 40 años (1992) y emplazada en la duna de la C.A. Era una gran sala para 400 personas, constituida por un suelo excavado en la arena, con 29 pilares sosteniendo 20 casquetes de cubierta de “luz negra” y un zócalo de madera exterior por su perímetro.

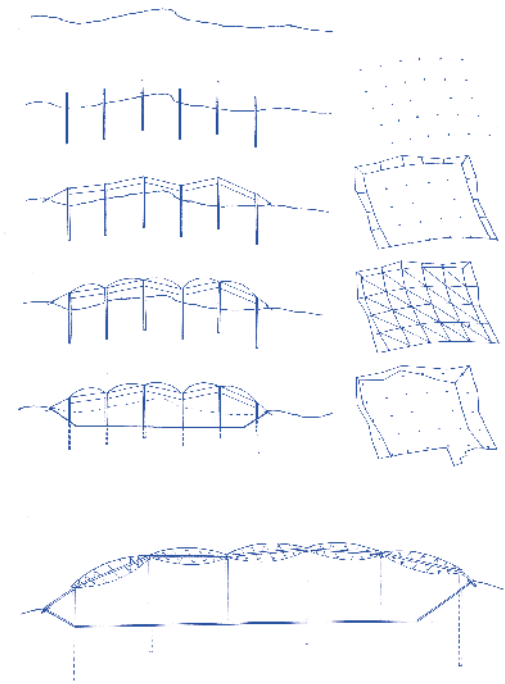
La casa de los nombres se posa sobre la duna (fluido), el viento puede erosionar la arena y generar socavones en el suelo perimetral de la obra.

Tesis: Fundar en un fluido cambiante (arena)

Hipótesis: Sin alterar el perfil de la duna, realizando una excavación y reconstruyendo el perfil con los casquetes de luz negra y un zócalo inclinado, en los borde exteriores del suelo hundido, se podría evitar la socavación de la obra.

Metodología: En esta obra no hubo modelo, sino que prototipo, es decir la obra en verdadera magnitud. El acontecer y el tiempo demostraron la hipótesis, al proteger la obra con un zócalo de madera inclinado en 33° por el perímetro que circunda la obra.

Comportamiento energético: Energía aerodinámica incidiendo en la arena, transformándola en un fluido. Evitando que se formen flujos turbulentos, porque al encontrarse con un objeto vertical, socavarán los cimientos. Luego se transforman en flujos laminares.



- Los casquetes reconstruyen el perfil de la arena
- ➔ Exterior e interior Casa de los nombres

7. OBRA EMBARCACIÓN AMEREIDA 2005

Realizada para las travesías a la Patagonia Occidental. Es un Taller flotante para fundar obras de abertura en el maritorio. Se transforma en el ir y en el estar. En los lugares de obra donde fondea se convierte en un trimarán, aumentando la superficie de trabajo y mejorando la estabilidad para albergar un taller de máquinas y herramientas para los delicados trabajos de prefabricación de las obras. Un muelle flotante desplegable lo conecta a tierra. Se completa la obra con el puente de mando, cocina, camarotes y baño.

Tesis: Transformabilidad en el ir y en el estar.

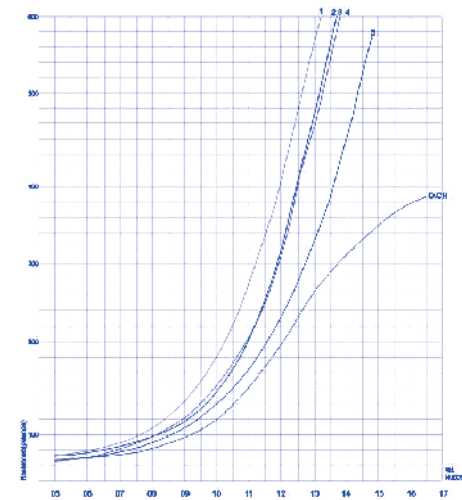
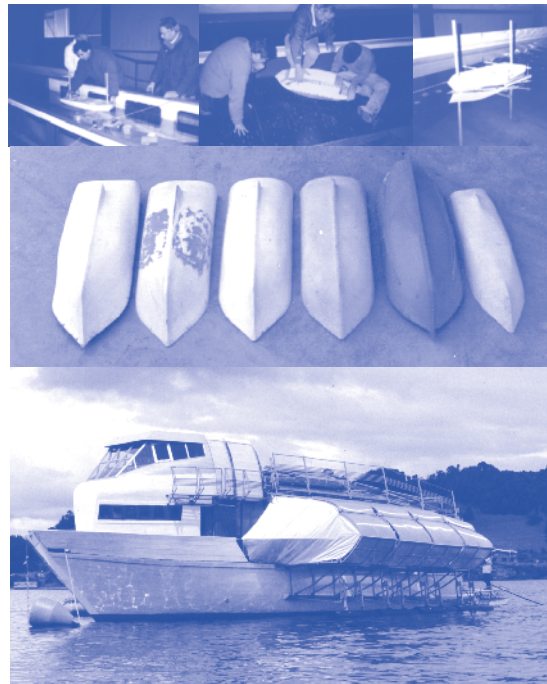
Hipótesis: Desde la cubierta desplegando dos plataformas a babor y estribor, apoyadas en unos flotadores al mar, para volver más estable el barco. Desde la misma cubierta desplegar unos techos y unos quiebra vientos aerodinámicos, para lograr hermetizar climáticamente el taller.

Metodología: Mediante cálculo de curvas cruzadas y curvas de estabilidad se verifica la estabilidad del barco en navegación y fondeado.

El rendimiento y potencia requerida de la embarcación se estudian en un modelo en el canal de pruebas de la Universidad Austral: la embarcación alcanzó los 10 nudos con 145 Hp de potencia contrastando con las embarcaciones chilotas de la misma eslora, que alcanzan la velocidad de 6 nudos con 300 a 400 Hp de

potencia (carencia de cálculo y experimentación en modelos).

Comportamiento energético: Mediante la hidrostática podemos calcular la estabilidad de una embarcación y su capacidad de flotabilidad (boyantez). La hidrodinámica nos entrega las herramientas para calcular la potencia que requiere el casco al adquirir velocidad, solo mediante un modelo de prueba en un canal de ensayos.



- ↑ Gráficos de potencia
- ← Ensayo en canal de pruebas y modelos a escala
- ↓ La embarcación en el estar y en el ir

CONCLUSIONES

1. Después de realizar el recuento en las obras construidas, o en los proyectos estudiados con modelos, sorpresivamente caigo en la cuenta y constato que las materias que se abordan en la tesis –que implica hipótesis, metodología y resultados– son formas de la energía: luz, viento, sonido, sismo, hidrodinámica, aerodinámica. Materias que implican nuevos conocimientos ya que no bastan los del propio oficio, por tanto se requiere asesoría, con oficios de las ciencias, de las ingenierías y de las técnicas. En nuestro caso conocimientos que permitan establecer lenguaje de comunicación con estos especialistas.

2. Las obras de arquitectura tienen lugar, no son móviles. Podemos decir que la arquitectura es estática, se funda en la tierra, recibe las energías del espacio y del sismo y debe responder ante ellas estáticamente. Sin embargo, este concepto ha cambiado; es el caso del proyecto de la Escuela Naval, los *slots* transforman la energía. Los calefactores y paneles solares igual. La entrada de luz a los interiores, en algunas obras son reguladas mediante diafragmas, semejantes a los de las cámaras fotográficas. Hoy las estructuras no oponen fuerza contra fuerza, la disipan mediante absorbentes de la energía en las bases de los cimientos y amortiguadores en los arriostramientos.

3. En la concepción de un proyecto-tesis, la realidad de la energía tiene que estar presente desde las observaciones y en su generatriz; por tanto en la concepción del proyecto que toca a todos los requerimientos de la obra. En

lo N&M, la energía en el desplazarse, como los artefactos flotantes estáticos en el mar, están expuestos al movimiento de la energía de las olas, del viento, de las mareas, de las corrientes y eventualmente del tsunami.

En resumen, las solicitaciones del mar o de las aguas son permanentes, constantes, complejas.

Las solicitaciones de la tierra son eventuales, temblores, terremotos. Se abordan desde lo estático, desde oponer fuerza a la fuerza. Sin embargo, hoy la tendencia es disipar la energía del sismo, transformarla, como lo explicamos anteriormente.

Ambas tienen las solicitaciones del viento.

4. Lo estático es abordable con mayor facilidad, es calculable teóricamente, no requiere modelo. Lo cinético, lo que tiene movimiento, es complejo de calcular. En una embarcación flotando estáticamente en el agua se puede calcular su estabilidad con un resultado 100% seguro. Pero el comportamiento hidrodinámico o aerodinámico del barco en movimiento, no tiene ecuaciones matemáticas de cálculo. Solo programas digitales en base a estadísticas. De allí que los fluidos se verifican por medio de modelos en artefactos diseñados especialmente: túnel de viento, canal de arrastre, canal de olas, canal hidráulico, canal abierto, túnel hidráulico para pruebas de perfiles hidrodinámicos.

5. El proyecto parte sobre la base de lo conocido para dar cabida a algo desconocido: la Tesis. Por principio una investigación indaga en lo desconocido, por ello emplea una metodología que parte de un supuesto (hipótesis) que hay que demostrar: para nosotros mediante modelos.

6. Se cae en la cuenta que el magíster N&M, que trabaja con proyectos-tesis y con modelos, no solo aborda los requerimientos de las energías hidrodinámicas y aerodinámicas sino además las energías del espacio: luz, clima, sonido, sismo.

7. Los fenómenos de la energía se complejizan y enriquecen cuando en el diálogo arquitectura-diseño-ingeniería, los primeros plantean nuevos desafíos a alcanzar: “la luz de la ausencia”, “un mar calmo”, “transformar el viento en sonido”, “generar sombras de viento”, “fundar en fluidos cambiantes”, etc.

NOTAS

1 La luz no requiere ecuaciones de similitud como las otras energías, por tanto la luz que se reproduzca en el modelo, será la misma del prototipo.

2. Las vigas se pueden visitar subiendo por la escalera del coro.

3. En esta obra, azarosamente, el impluvium al estar abierto provoca diferencias de presión, como una chimenea, generando tiraje y ventilando la sala.

FUENTES

- Cruz, A. (1954). “Capilla Pajaritos”. *Anales PUCV* (1).
 Ivelic, B. (2019). *Peculiaridades*, Valparaíso: EUV.
 — (2005). *Embarcación Amereida*, Valparaíso: EUV.
 Méndez, F. (1958). Escuela Naval, Informe n° 3, Biblioteca e[ad].
 Vial, J. Sánchez J. (1982). “Iglesia de Corral”. *Ca* (32).
 VV.AA. (1992). “Casa de los nombres”, *Ca y Zodiac*.