



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

## FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE UN PRODUCTO INNOVADOR  
PARA LA PRODUCCIÓN DE HIELO EN EL  
REFRIGERADOR DOMÉSTICO.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO MECATRÓNICO**

**P R E S E N T A N:**

**FLORES CORTES MARÍA JOSÉ**

**MARINI PARISSI JESÚS**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**DR. ALEJANDRO CUAUHTÉMOC RAMÍREZ  
REIVICH**



**CD. UNIVERSITARIA AGOSTO 2014**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Integrantes .....	4
1.2 Compañía.....	5
2. OBJETIVO DEL PROYECTO .....	6
3. PROCESO DE DISEÑO .....	7
3.1 El concepto .....	8
3.2 Benchmarking.....	9
3.3 Needfinding .....	11
3.4 Prototipos de Función y de Experiencia .....	12
4. PRODUCTO FINAL.....	14
4.1 Diseño Polar Roller .....	14
4.2 Resultados.....	17
5. CONTRIBUCIÓN PERSONAL Y DISCUSIÓN DEL PROCESO .....	18
6. MEJORAS A FUTURO Y PROPUESTAS DE DISEÑO .....	23
7. EXPERIENCIAS.....	26
8. CONCLUSIONES.....	27
8.1 Referencias .....	28
9. FALL DOCUMENTATION .....	30
10. FINAL DOCUMENTATION .....	88



## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto surgió de la colaboración entre alumnos de la Universidad Nacional Autónoma de México y de la Universidad de Stanford en USA. La conexión se dio entre el Posgrado de Ingeniería Mecánica de la UNAM y la D.School de Stanford mediante su curso de Stanford Design Innovation Process también conocido como ME310. También se contó con el apoyo de la empresa de diseño, producción y distribución de electrodomésticos MABE.

El ME310 es uno de los cursos de diseño más reconocidos en Silicon Valley. En él, se forman equipos multidisciplinarios conformados por miembros de la Universidad de Stanford y una de las más de 10 universidades extranjeras que se encuentran inscritas en el programa. A cada equipo se le asigna un socio corporativo: una empresa líder en su área. Este socio corporativo presenta al equipo un reto de diseño, una problemática real que se presente en sus productos o servicios. Durante un año escolar, los equipos deben seguir la metodología de diseño del ME310 con el objetivo de generar una innovación tecnológica útil para la empresa dirigida a solucionar este reto. Al finalizar el curso, los resultados del proyecto se exponen en la Universidad de Stanford frente a los representantes de los distintos socios corporativos, equipos ME310 y público en general.

En el caso de este proyecto, el reto de diseño consistió en la necesidad de la empresa de generar una nueva máquina fabricadora de hielo para el refrigerador doméstico siendo el socio corporativo la empresa mexicana MABE, además se añadió un sistema de enfriamiento rápido para bebidas en contenedores cilíndricos como extra de los objetivos, todo esto utilizando la metodología ME310.

La primera parte del documento muestra la metodología seguida para encontrar la necesidad, el usuario y la solución tecnológica a utilizar describiendo las distintas etapas de diseño y las herramientas utilizadas. En la segunda parte del documento, se muestran los métodos utilizados para generar el diseño del prototipo final, los resultados obtenidos y la información obtenida a partir de las pruebas con usuarios. Como parte final del trabajo se encuentra un resumen del trabajo realizado en el curso, las especificaciones de diseño, las necesidades del usuario y los requerimientos de la empresa. También se presentan una serie



de propuestas de mejora del diseño basadas en las observaciones realizadas por usuarios del prototipo.

## 1.1 Integrantes

Se trabajó con un equipo de diseño multidisciplinario que incluyó estudiantes de Diseño Industrial, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica. Así como un grupo de asesores de la UNAM y de Stanford.



MARÍA JOSÉ FLORES



JESÚS MARINI



JORGE LÓPEZ



LUIS EQUIHUA



SEBASTIÁN QUIJANO



MARÍA JULIANA  
LOZA



ARIANA MÉNDEZ



ARTURO TREVIÑO



DAVID KINGMAN



MATTHEW RÍOS



J. DANIEL RAINEY



VICENTE BORJA



ALEJANDRO  
RAMÍREZ



URI GEVA



LARRY LEIFER



MARK CUTKOSKY

## 1.2 Socio Corporativo

El socio corporativo que participó en este proyecto fue MABE. Esta empresa multinacional de origen mexicano, diseña, produce y vende electrodomésticos como estufas, hornos, microondas, lavadoras y refrigeradores en más de 70 países. LA empresa fue fundada en 1943 por las familias Mabardi y Berrondo y, actualmente controla el 40% del mercado de electrodomésticos nacional y se encuentra en expansión en Brasil, Canadá, Chile y Rusia.

El equipo corporativo de MABE con el cual se desarrolló en conjunto el curso de ME310:

- Víctor Guerra.
- José Ramón García.
- Rosalba Cobos.
- Ignacio Marín.



**Imagen 1 El equipo corporativo de MABE**

## 2. OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo del proyecto se estableció desde el inicio como un reto de diseño dado por la empresa *MABE* para ser alcanzado a lo largo del curso, el cual es:

Desarrollar una máquina de hielo innovadora para un refrigerador o electrodoméstico, ya que es una característica principal en el refrigerador altamente solicitada por el consumidor y, considerando que el hielo generalmente se relaciona con el "factor diversión".

Desde hace casi ya 20 años el concepto y diseño de la máquina de hielo se mantiene similar en lo referente a la refrigeración doméstica. Debido a lo anterior, se presenta una serie de áreas de oportunidad para la mejora, tales como:

- El mal sabor del hielo debido a largos períodos en el sistema de almacenamiento.
- Suficiente hielo para cubrir la demanda solicitada.
- Lento ritmo de producción de hielo.
- Volumen de la fábrica de hielo (en% de espacio ocupado en el congelador).

El desafío de diseño es producir hielo cada vez que el consumidor lo requiera y eliminar la necesidad de un área de almacenamiento. El hielo debe tener un determinado tamaño (volumen mínimo de 0,5 oz cada uno). Es conveniente obtener hielo cristalino y contar con un consumo de energía menor a 84 kWh / año (DOE 2014 regulaciones).



### 3. PROCESO DE DISEÑO

A lo largo del proyecto, se aplicó y experimentó el proceso de *Stanford Design Innovation Process* y muchos de sus conjuntos de herramientas.

Este proceso de diseño es iterativo y comienza con la definición del problema a resolver. A continuación se presenta un periodo de estudio del mercado y búsqueda de necesidades que permiten una mejor comprensión del usuario y el medio en el que se desenvolverá el producto final. Esto, es seguido por sesiones de lluvia de ideas que buscan hallar soluciones a las necesidades observadas en el paso anterior. El siguiente paso consiste en la implementación de prototipos rápidos de experiencia y/o funcionales que permitan probar los conceptos generados de manera rápida. Por último, la información obtenida de las pruebas de estos prototipos se utiliza para redefinir el problema y repetir el proceso refinando los conceptos con cada repetición hasta llegar al producto final.

*La información detallada referente a cada una de las etapas del proceso en el desarrollo del producto para la empresa MABE se encuentra en el capítulo 8.*

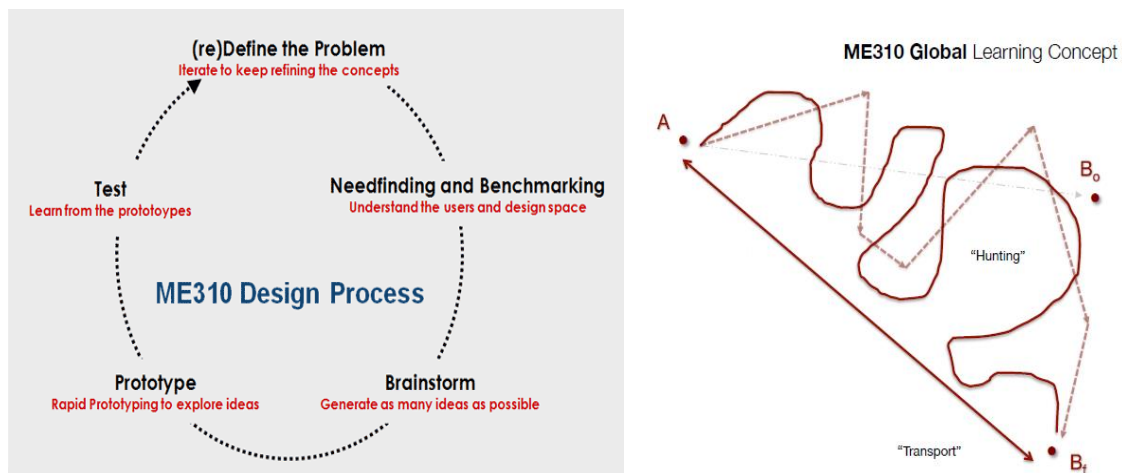


Imagen 2 Proceso de diseño ME310



### 3.1 El concepto

A partir del reto de diseño entregado por la empresa se comenzaron a realizar las actividades de diseño y búsqueda de necesidades. Una de las principales, es la lluvia de ideas con la cual se trató de abarcar el mayor área posible, en ésta surgieron varias ideas y caminos a seguir que se desarrollaron a lo largo del proceso con el fin de encontrar una área de oportunidad en la cual basar el concepto final.

Una de las principales observaciones realizadas fue que, en la mayoría de los casos, el usuario utiliza el hielo como un intermediario para lograr disminuir la temperatura de bebidas. Esta observación generó que el diseño tomara curso hacia un área originalmente inesperada.



## Design Development Flow Chart

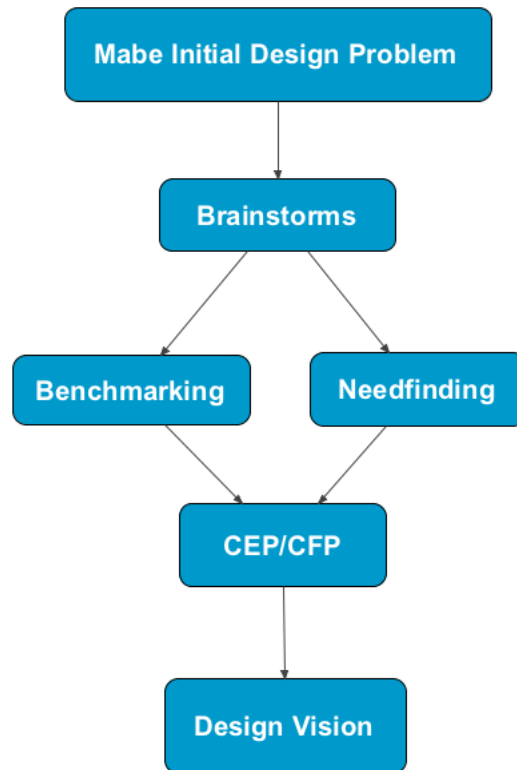


Imagen 3 Diagrama de flujo del método de diseño

### 3.2 Benchmarking

Es necesario establecer alguna familiaridad con las tecnologías pertinentes, productos, métodos, etc. El objetivo es ir más allá del producto de la competencia, tal como suele hacerse en la industria. Se trata de llegar a entender el espacio de diseño, lo que es relevante, cómo es su funcionamiento y lo que hay que abordar.

El benchmarking debe incluir los elementos comunes (búsqueda de patentes, productos con los que cuenta la empresa, productos de la competencia) y no evidentes, como las tecnologías tomadas de otros campos. Asimismo, se realizó un “benchmarking físico” en el cuál no sólo se basó en estudiar la literatura sino en interactuar con los

artículos presentados por la competencia. El benchmarking físico consiste en salir a las calles, observar y encontrar los elementos que cada persona puede aportar. Además de manipular físicamente las tecnologías consideradas parte de la competencia. Identificar la manera de interacción de los usuarios con el objeto en estudio a través del diálogo para conseguir información relevante de primera fuente.



**Imagen 4** Parte del benchmarking consistió en estudiar el uso tradicional del hielo

### 3.3 Needfinding

En el needfinding se involucra al usuario de la manera más profunda posible. Esto significa que el intercambio de ideas con el usuario es una parte fundamental de la evaluación comparativa y el indicador de la empresa. Una vez que se identificó al posible usuario, se realizaron estrategias para involucrarlo en el proceso de diseño. Esto se logró mediante distintos ejercicios incluyendo cuestionarios, entrevistas, invitaciones a usar el producto y estudios in situ.

Para lograr obtener los mejores resultados posibles, los temas a abordar con los usuarios se prepararon de manera previa y se capturaron experiencias a través de videos, imágenes y textos. Luego, se reflexionó, analizó y estudió cada uno de los aspectos recopilados, para buscar tendencias y oportunidades con el fin de obtener especificaciones de diseño y áreas de oportunidad.

Uno de los primeros pasos realizados fue la identificación y observación de los usuarios potenciales, sus hábitos y necesidades. Se observó la manera en la que los usuarios interactuaban con el hielo y más específicamente con las máquinas dispensadoras de hielo de sus hogares. Se observó cómo, cuándo y para qué usaban el hielo y se entrevistó a diversos usuarios para conocer su opinión sobre los sistemas actuales, qué consideraban adecuado y qué creían podía mejorarse.



Imagen 5 Se estudió la interacción con el hielo en diversos ambientes

### 3.4 Prototipos de Función y de Experiencia

Una vez que el benchmarking y el needfinding dieron los fundamentos de diseño con base en el conocimiento adquirido, se procedió a hacer un ciclo de diseño para identificar el camino a seguir hacia el producto final. El objetivo principal de esta parte fue realizar prototipos que respondieran a las preguntas de diseño planteadas en la etapa anterior.

Otro objetivo de estos prototipos fue demostrar determinadas cualidades del producto para poder probarlas con el usuario y determinar si debían o no estar presentes en el diseño final. Para esto se construyeron dos tipos de prototipos: uno de experiencia crítica y otro de función crítica.

El prototipo de experiencia crítica se refiere a crear una experiencia que sea "bastante real" para obtener opiniones y documentarla a través de un story board, vídeos y fotografías. Esto satisface el propósito de descubrir qué experiencia le gustaría tener al cliente o usuario en los productos o servicios. De esta manera, es posible determinar si el usuario consideraría valiosa cierta cualidad o función sin tener que desarrollar la tecnología de manera previa. Un ejemplo de este tipo de prototipo es el llamado Mago de Oz en el que se hace uso de "humo y espejos" para que el usuario experimente de manera directa las sensaciones y enlaces de percepción-acción que se presentaría al interactuar con el dispositivo. La experiencia debe ser física, tangible y positiva. Puede ser entregada por cualquier medio, no necesariamente por el producto que se tiene en mente o el prototipo que se está construyendo.

El prototipo de función crítica se refiere a la creación de un objeto físico o sistema que permita explorar una parte interesante del espacio de diseño y obtener la información con el prototipo físico. Esto tiene como objetivo el descubrir cómo implementar la función del producto o servicio más importante que se necesita para ofrecer la experiencia. También es un experimento del que se espera aprender lo que realmente se necesita para hacer que la experiencia ocurra. No es "humo y espejos", se trata de objetos reales realizando su función o parte de la función. Es el cómo, mientras que el prototipo de experiencia crítica trata sobre el qué.



Ambos prototipos están íntimamente relacionados entre sí. Se puede comenzar con cualquiera de los dos para ayudar a deducir el otro. Si no puede hacer que la función crítica suceda, no debe ser parte de la experiencia crítica y si el prototipo de experiencia crítica muestra que el usuario encuentra desagradable una función, entonces no debe realizarse el prototipo de función crítica.



**Imagen 6 Los prototipos de experiencia permiten conocer la reacción de los usuarios a una función**

## 4. PRODUCTO FINAL

Después de obtener suficiente información del usuario y tecnológica para realizar el prototipo final se procedió al diseño y desarrollo de este mismo. Para este punto se tomó en cuenta toda la información recabada a lo largo del curso para converger en lo que sería el producto deseado.

### 4.1 Diseño Polar Roller

El Polar Roller tiene dos propósitos principales: enfriar rápidamente líquidos como refrescos (dirigida principalmente a las bebidas de consumo) que se encuentran dentro de un contenedor cilíndrico (u otra forma que permita la rotación); y fabricar hielo en un contenedor cilíndrico especialmente diseñado con este propósito.

Para lograr una transferencia de calor más rápida que los métodos tradicionales (es decir, la colocación de una bebida en la nevera / congelador, o la colocación de una bandeja de hielo en el congelador) el dispositivo utilizó un líquido como medio de transferencia de calor además, de obligar al líquido que se desea enfriar o congelar a rotar incrementando la velocidad con la que este cede calor al refrigerador.

El refrigerante usado en el primer prototipo fue una solución de 25% de glicol de propileno y 75% de agua. Esta concentración tiene una temperatura de congelación de aproximadamente  $-15^{\circ}\text{C}$  a presión ambiente. El glicol de propileno fue elegido por su baja temperatura de congelación, la solubilidad en agua, y la seguridad en la ingesta (debido a cualquier residuo que pueda quedar en la superficie de una lata o en la bebida).

La utilización de un refrigerante que permanecerá en estado líquido por debajo de la temperatura de congelación del agua permite una tasa de aumento de la transferencia de calor (frente a un refrigerante de agua pura), así como la posibilidad de congelar el agua (frente a un refrigerante de agua pura).



Para promover una mayor tasa de transferencia de calor frente a los métodos convencionales, el sistema hace girar los cilindros de destino sobre un eje horizontal a una velocidad constante de aproximadamente 150 rpm (dependiendo del diámetro del cilindro). Esto se hace con una serie de cuatro rodillos de 1.375 "de diámetro. Un cilindro se coloca encima de cualquiera de los dos rodillos adyacentes.

El sistema permite enfriar un total de nueve latas de aluminio de bebidas (12 oz.) o dos botellas de 750 ml de vino de manera simultánea. La rotación de las bebidas a una velocidad constante es ventajoso por dos razones: 1) promueve la transferencia de calor a través de la mezcla de fluido interno y, 2) gira a una velocidad constante que causa que todo el fluido dentro del cilindro gire a la misma velocidad y se mezcle. Esta propiedad inhibe que las bebidas carbonatadas entren en efervescencia.

El Polar Roller fue programado utilizando un modelo de transferencia de calor, el cual utiliza el valor de la temperatura del refrigerante actual (medido mediante un sensor de temperatura colocado en la reserva) y determina el tiempo que debe mantener el sistema en funcionamiento para lograr que las bebidas lleguen a su temperatura ideal (el sistema asume que la bebida se encuentra a una temperatura inicial de 24°C).

El Polar Roller permite a los usuarios seleccionar una de las tres opciones: enfriar un bebida en lata de 12 oz. (a una temperatura de  $T = 6^{\circ} \text{C}$ ), enfriar una botella de vino blanco (a una temperatura de  $T = 10^{\circ} \text{C}$ ), y fabricar hielo usando los cilindros especialmente diseñados para esto. Basado en que la temperatura del refrigerante en funcionamiento sea de  $T = -6,5^{\circ} \text{C}$ , se espera que el Polar Roller sea capaz de enfriar una bebida enlatada en 82 segundos, una botella de vino blanco en 3 minutos y 12 segundos; y hacer hielo en 13 minutos y 24 segundos.





*Las especificaciones técnicas y aspectos de diseño mecánico, electrónico y de interface se encuentran en el capítulo 9 Final Documentation.*



**Imagen 7 Render del concepto del producto final**

## **4.2 Resultados**

El prototipo final se presentó en la Universidad de Stanford en el evento denominado EXPE, en la cual se tuvo la oportunidad de mostrar el diseño final con alrededor de 200 usuarios, obteniendo de esta manera una retroalimentación positiva y satisfactoria. El poder observar como los usuarios hacían uso del prototipo, la experiencia, emociones y sentimiento que mostraban al término de su uso, demostró que el camino seguido durante el proceso de diseño cumplió con las expectativas del usuario, siendo este el foco principal de desarrollo. Además, el equipo de MABE encontró grata satisfacción al ver los resultados mostrados durante esta presentación.

Comparando los resultados finales con el objetivo inicial, se logró hacer un concepto capaz de producir hielo en tan solo 13 minutos, si bien esto no cubre en su totalidad el concepto de hielo bajo demanda, el usuario generalmente obtiene el hielo de dos maneras: espera cerca de 60 minutos a que esté listo o va a su tienda más cercana y compra una bolsa. Con este producto se atacan las dos problemáticas, pero se debe volver más eficiente el tiempo de producción de hielo hasta llegar a cubrir en su totalidad el concepto de hielo bajo demanda. En cuanto a la parte de factor diversión, se comprobó con el usuario que el uso de este prototipo fue bastante divertido, emocionante y tuvo resultados impactantes en cada uno de estos. Para el objetivo del mal sabor y la producción de hielo cristalino, se logró una mejoría evidente que el usuario comprobó. Uno de los objetivos era reducir el espacio de la máquina de hielo, pero, se agregó todo un compartimiento que no solo es capaz de producir hielo de manera más rápida que cualquier otro electrodoméstico en la actualidad, sino que también da la posibilidad de utilizar su sistema como medio de enfriamiento de latas, botellas, cilindros, vinos o cualquier recipiente que tenga la geometría necesaria para girar y que se requiera enfriar.



**Imagen 8 El Polar Roller y usuarios durante el EXPE**

## 5. CONTRIBUCIÓN PERSONAL Y DISCUSIÓN DEL PROCESO

A lo largo de este proyecto se vivió el proceso de diseño ME310, en el cual se perfeccionaron los conocimientos en el área de desarrollo de productos y se obtuvo una formación integral. Durante todo este proyecto se dio una aportación en gran medida en el área intelectual del proceso, desde la creación de conceptos como enfriamiento instantáneo, tecnologías existentes para la generación de fuentes de frío, un estudio sobre las tendencias tecnológicas para los sistemas de refrigeración y la simulación de procesos para la producción de hielo presentes en la naturaleza. El proceso de diseño nos llevó de la mano por un camino en el cual se tienen que identificar las necesidades del usuario. La empresa identifica que el usuario quiere un cierto producto o proceso, mientras que con herramientas de diseño se puede llegar a saber lo que el usuario necesita. Esto en conjunto con el proceso de ME310 te da la posibilidad de generar una idea fuera del contexto que proporcione un valor agregado para la empresa.

Uno de los inconvenientes del proceso de ME310 es que quizás no se adapte completamente a las especificaciones de la empresa y sus etapas de diseño puedan parecer radicales, haciendo el proceso más complejo y poniendo dificultades en el camino. El Dark Horse debería ser una actividad opcional que pueda ser valuada dependiendo de la solución que se planteó durante la búsqueda de necesidades y de los usuarios, ya que en nuestro caso, el llevar a cabo esta actividad detuvo el trabajo realizado durante el período FALL y el análisis de la información obtenida mediante los CEP. En esta parte del proceso es importante la intervención de los asesores para ordenar y proponer ciertas acciones sobre un marco de trabajo, lo cual no ocurrió de esa manera, ya que a mi parecer los asesores necesitan conocer los límites del contexto del proyecto debido a que es un proceso divergente y puede desenfocar al equipo en su búsqueda por el resultado final.

Por otra parte, una vez entendido el contexto y el área donde se trabaja se pueden proponer soluciones interesantes, ya que es un proceso rápido en términos de desarrollo de productos. Además, se debe tener claro cuáles son los requerimientos de la empresa, porque gran parte de lo sucedido en el proceso fue que al lograr enfocarnos y desarrollar



ciertas ideas los asesores rompían este enfoque, haciendo el proceso y el trabajo en equipo más complicado. Este puede ser un aspecto a mejorar en proyectos futuros.

Esta metodología exige la elaboración de prototipos cada vez más elaborados y con un costo creciente debido a que se están desarrollando proyecto de innovación tecnológica en una época donde ésta se enfoca principalmente en el desarrollo de TIC, Apps e interacción con usuarios. Los proyectos con prototipos complejos como en este caso que se utilizó o se pretendió utilizar sistemas de refrigeración, son de alto costo. Uno de los prototipos que se pretendía implementar debido al costo de sus elementos no se pudo llevar a cabo, debilitando la confianza en las ideas del equipo y provocando la necesidad de adaptarse a soluciones que no se consideraban de alto impacto para la empresa, el equipo y de apreciación personal.

Uno de los contratiempos se refiere a la problemática de los recursos económicos para la construcción de prototipos, debido a la incapacidad del área de administración y compras. El manejo de los recursos asignados al proyecto para cubrir las necesidades del equipo y los tiempos del proceso, se llevó de manera inapropiada para lograr una efectiva realización. Comparado con el sistema de administración y compras de Stanford que es bastante similar en términos burocráticos y de organización, los estudiantes siempre pudieron acceder al uso del recurso asignado al proyecto en tiempo y forma planeada, propiciando así que sus prototipos se construyeran de manera óptima, obteniendo resultados conforme a los tiempos del proyecto. Esta fue la razón por la que se optó por tomar una salida tecnológica trabajada por los alumnos de Stanford, diferente a la desarrollada a lo largo del curso por el equipo de la UNAM, que se centró principalmente en adaptar tecnologías de refrigeración para la producción de hielo, lo cual es una propuesta interesante que se debería trabajar en la continuación de este proyecto.

Un aspecto importante de la solución final de este proyecto, es que puede convertirse en un producto exitoso para MABE, a pesar de no cumplir con todos los requerimientos dados por la empresa al inicio del proceso, se desarrolló un producto basado en las investigaciones realizadas con los usuarios, es decir, esta solución de diseño que se



presentó al final, cumple con las necesidades del usuario, con sus expectativas, logra producir sorpresa en él y es un proceso simple. El proceso tiene un aspecto interesante: el líquido utilizado para enfriar o congelar. Este líquido es comestible, se encuentra en algunas cervezas y la mezcla contiene un 75% de agua, lo cual lo hace una opción viable, ya que es apto para consumo humano y puede ser una gran oportunidad para la empresa porque sería una de las primeras en el mercado en utilizar un sistema de producción de hielo y enfriamiento líquido.

Esto podría representar una ventaja competitiva para MABE, ya que se cree que el producto ocupa la misma energía del sistema de refrigeración, esto se podría comprobar haciendo una adaptación al sistema de refrigeración actual conectando parte del evaporador a un pequeño tanque contenedor del líquido enfriador. Además, el producto es de fácil mantenimiento, el líquido enfriador tiene la posibilidad de cambiarse en cuanto su cantidad disminuya o incluso si llegase a ensuciarse, tuvo una gran aceptación por los usuarios que lo probaron en la EXPE y recibimos retroalimentación interesante como: ¿Cuándo va a salir al mercado?, ¿Este producto va a llegar a Europa?, ¿Está ya patentado?.

Este prototipo como tal no representa un producto final porque tiene muchos aspectos de diseño y de ingeniería que se podrían mejorar, algunos de ellos serían: la accesibilidad para dar mantenimiento a las piezas, las cargas del líquido enfriador, el tamaño del producto final y la adaptación del Polar Roller o un sistema similar a un refrigerador convencional para lograr medir los requerimientos y las especificaciones que son necesarios para sacar un producto al mercado. Si bien queda bastante trabajo por hacer, con este concepto se puede comenzar a desarrollar una línea de investigación para la aceptación del usuario, para la aceptación de la empresa, para la aplicación de este concepto de enfriamiento líquido en sistemas domésticos e incluso alguna otra forma de enfriamiento que se propuso a lo largo del proyecto. La producción de hielo es un factor importante pero es algo que el usuario percibe como de uso cotidiano por lo cual no genera un interés, expectativa, experiencia o emociones al momento de la obtención, mientras que el enfriamiento y congelamiento rápido, puede ser una gran área de oportunidad para MABE atrayendo usuarios de un mercado que está cada vez más competido y las expectativas de los posibles clientes van aumentando en esta época de innovación tecnológica y experiencia.



Mi proceso de diseño ideal para este curso sería mantener las etapas como Benchmarking, Needfinding, Users, CEP y CPF en calidad de obligatorias. Una vez terminada esta fase, pondrían las demás actividades de diseño ser a selección según la visión de diseño que se tenga, para poder dar un mayor énfasis al trabajo ya realizado y complementarlo. Una analogía para esta segunda fase del proceso, sería un menú de comida, pero en este caso, un menú de diseño con ciertos procesos o etapas que podrían ser más pertinentes al objetivo de la investigación realizada.

Para este caso en específico, una mejor manera de llevar este proyecto de innovación en las máquinas de hielo, sería comenzar realizando un Benchmarking en el cual siempre se obtiene una primera visión de los productos que usan los competidores, que están investigando los grandes centros de desarrollo de productos y que han desarrollado pequeñas empresas de innovación en esta área. Esto último es interesante ya que estamos en la época donde las Startup tienen propuestas de diseño y de productos radicales e innovadoras que atacan la problemática y el mercado desde otro punto de vista, un punto de acción que las empresas con modelos de negocios clásicos no pueden atacar debido a que podrían representar pérdidas importantes en su organización. En este caso, estas pequeñas empresas están presentando soluciones que nadie se espera y que con este tipo de proyectos o con esta metodología se obtiene el mismo nivel de resultados. Una vez terminada esta etapa procedería a la identificación de los usuarios potenciales y sus necesidades, es importante destacar los mercados en los que se enfoca la empresa, ya que los usuarios son diversos en cada región. Lo que no funcionó en este proyecto durante esta fase fue que la necesidad latente en el área de producción de hielo y el usuario habitual de la empresa no eran la misma, entonces se propuso un nuevo mercado de oportunidad.

A continuación en el proceso viene la parte de realización de prototipos de experiencia y de función, esta es una de las etapas de diseño más importantes de todo el proyecto debido a que la información que se obtenga en este proceso puede ser crítica para la visión de diseño final del proyecto. Los prototipos de experiencia crítica son bastante interesantes, ya que se puede obtener la reacción, emoción, expectativa, sorpresa del usuario sin tener que recurrir a una solución tecnológica, es decir, por medio de este tipo de prototipos que son construidos a través de materiales económicos, fáciles de manufacturar y de utilizar es posible obtener información de primera instancia, proporcionando



información confiable, para después en el proceso de diseño encontrar la solución tecnológica que cubra los aspectos que son necesarios para la realización de esta experiencia.

Hasta este punto se entienden los procesos de diseño como obligatorios para la obtención de información básica que posibiliten proponer una visión de diseño. Los siguientes procesos de diseño a utilizar deben ser escogidos con precaución para no desenfocar el proyecto, ya que en este punto del proceso de diseño se cuenta con una solución o una propuesta interesante como solución final. En nuestro caso, el Dark Horse en vez de apoyar el proceso de diseño lo debilitó, así como las opiniones por parte de los asesores, en este punto se debería tener mayor precaución para no desenfocar la visión de diseño, es decir, se sabe que se está en un área referente a enfriamiento instantáneo o congelamiento rápido, entonces el proyecto debería seguir en este contexto, tal vez con una propuesta diferente pero enfocada a la visión de diseño final.

El lugar donde el proceso de ME310 ubica al Dark Horse es interesante, ya que una vez terminado este proceso invita a realizar la función tecnológica que se va a utilizar como solución final del proyecto, pero, si en este punto no se tiene esta función, el proceso pierde fuerza y sentido, por esto es importante mantener el enfoque del proyecto, actuar y prototipar de manera rápida y eficiente para obtener una solución aceptable para todos los miembros del equipo. Una vez terminado este período del proceso se enfoca en su totalidad en la elaboración del prototipo final. Por ello para el equipo de la UNAM fue complicado realizar este proceso en el tiempo establecido por el ME310, ya que el tiempo de adquisición es demasiado extenso, y las funciones de este tipo de proyecto de base tecnológica no se pueden probar simplemente con cartón y papel, requieren de equipo o fuentes elaboradas para su exitosa realización.

Del problema antes mencionado se debe analizar y plantear una solución, ya que las tecnologías van en constante evolución y el sistema burocrático no evoluciona con estas, se requiere presentar una mejora de este sistema para poder realizar proyecto de esta índole de manera exitosa. Se tienen todas las bases y el conocimiento necesario para poder efectuar una exitosa participación, pero no se cuenta con las herramientas ni las facilidades para que se logre esto.



## 6. MEJORAS A FUTURO Y PROPUESTAS DE DISEÑO

El Polar Roller es un prototipo funcional que tiene un gran potencial de mejora. Se debe realizar un estudio con el prototipo completo (incluyendo refrigerador y congelador) para poder ver las variables de diseño que se deben pasar por un proceso de refinamiento, para ver si el sistema de refrigeración será suficiente para mantener las condiciones iniciales que debe presentar el prototipo en un rango de funcionamiento estable y obtener una medición adecuada sobre su consumo energético.

Con respecto al sistema de rodillos, se debe mejorar el sistema de transmisión a un sistema de bandas dentadas, quizás la reducción del número de rodillos sea una buena opción para mantener un funcionamiento estable con el resto del refrigerador y permitir que el dispositivo ocupe un menor volumen en el refrigerador.

En el sistema de aspersores, es necesario cambiar el material de las tuberías por plásticos para evitar las pérdidas térmicas es una acción recomendable para mantener un fluido a la temperatura de la reserva.

Como propuesta a futuro se plantea el diseño de un sistema autónomo capaz de enfriar tus bebidas y producir hielo sin ser parte de un electrodoméstico, el cual presenta las características siguientes: portabilidad, durabilidad, eficiencia energética, personalizable, escalable y programable.

Otra propuesta a futuro es el uso de refrigeradores más pequeños sólo para productos específicos como sería el caso de consumibles ya que podrías eliminar el uso de almacenamiento de productos de consumo bajo demanda como serían: jugos, lácteos, refrescos, aguas, bebidas energéticas, entre otras. Haciendo que el refrigerador sea usado específicamente para el almacenamiento de productos perecederos, logrando con esto un posible aumento en la eficiencia energética.





Una última propuesta de mejora para el dispositivo sería lograr que se tratase de un sistema cerrado, en el cual no sea necesario recargar el fluido refrigerante de manera periódica o tener que secar los contenedores antes de beberlos para retirar el líquido excesivo. Además, sería importante desarrollar un dispositivo similar diseñado específicamente para su uso en comercios. De esta manera, los centros de distribución y venta de bebidas podrían almacenarlas fuera de los refrigeradores y sólo enfriarlos conforme el cliente los compre. Esto podría lograr un ahorro de energía notable.

A partir de la tabla de tecnologías desarrollada se procedió a hacer un análisis de los sistemas usados para la fabricación de hielo y enfriamiento rápido. Con esta información se puede tener un panorama más amplio para desarrollar mejoras a futuro y que procesos o tecnología podrían ser utilizadas para la fabricación de hielo.

DIRECTION					
FAST (2 MINUTES OR LESS)	COOLING COIL	CONCENTRICAL MOVEMENT	ABSORPTION	FROZEN PLATES	LIQUID NITROGEN
	ENDOTHERMIC REACTION	PRESSURE CHAMBER	ADSORPTION	MAGNETISM	PRESSURE CHAMBER + WATER
SLOW (MORE THAN 2 MINUTES)	COOL HUMIDIFIER	HYDRO-GEL	PELTIER	FORCED CONVECTION	ICE LAYERS
	AIR CONDITIONING	WOOD DUST	STIRLING	ULTRASOUND	LYOPHILIZATION
PRODUCT (AT ROOM TEMPERATURE)		ICE LUCHO (INSTANT COOLING)		ICE MAKING (FREEZING)	

**Imagen 9** Tabla de tecnologías



A continuación se presenta algunas de las propuestas desarrolladas en el curso.

PROPOSALS

- COOLING WITH PELTIER CELLS** Test how useful a peltier cell is to exchange heat from a probable consumable.
- FORCED CONVECTION** Prove if this already used method can get optimized. Change normal conditions and reduce parts.
- OPTIMIZE COOLING COIL** Check on previous cooling coil prototypes to improve parts and change conditions and see how better it gets.
- CONCENTRICAL MOVEMENT** Take a look at previous prototype since it was successful and see what happens when factors change.
- PRESSURE CHAMBER + WATER** Combine the pressure chamber tested before with water in order to see if ice making is possible.
- HEAT EXCHANGE W/ WOOD DUST** Check if wood's specific change really favors heat exchange since it theoretically does.
- LIQUID NYTROGEN** See if nitrogen and its freezing effect is compatible with a product related with human consumption.

\*  
NEED OF CONSUMABLES (A CERTAIN FEEL IS NEEDED TO WORK)  
NO NEED OF CONSUMABLES (WORKS BY ITSELF)

IN CASE OF PRODUCTION\*

**Imagen 10 Propuestas de enfriamiento**



## 7. EXPERIENCIAS

Con este proyecto se alcanzó una meta más como estudiantes de ingeniería, amplió nuestro conocimiento técnico y afirmo nuestras aptitudes. Pero no solo contribuyó este proyecto en el aspecto profesional sino también en el aspecto personal, este proyecto nos ayudó a relacionarnos con personas de diferentes países, a conocer cómo trabajan otras universidades, alumnos, profesores, como se llevan a cabo proyectos multidisciplinarios y globales, ya que, el conocer una cultura diferente, tener la posibilidad de viajar trabajar en otra universidad y aprender de eso tiene un valor muy grande.

La combinación de estos aspectos hace tan enriquecedor la elaboración de proyectos de esta índole, el hecho que los estudiantes de Stanford tengan un régimen más estricto de trabajo y que nosotros tengamos cierta libertad, generó un trabajo mucho más completo que el que se cada escuela hubiera logrado por separado.

El hecho de que tuviéramos la oportunidad de trabajar en sus instalaciones, conocer a sus maestros y estar trabajando en uno de sus cursos, nos amplió el panorama y nos hizo ver la capacidad, oportunidad y habilidades que tenemos por ser alumnos de una universidad mexicana, pero también nos dimos cuenta de nuestras debilidades y el trabajo que tenemos que seguir para lograr ser mejores profesionistas.



## 8. CONCLUSIONES

Siguiendo el método de diseño Stanford Design Innovation Process fue posible diseñar y construir un prototipo funcional de un nuevo sistema de fabricación de hielo más rápido que el utilizado en la actualidad y, que además atiende a la mayoría de las áreas de oportunidad resaltadas por MABE. El dispositivo cuenta con un alto factor de entretenimiento y elimina la necesidad de almacenamiento de hielo, por lo que éste no cuenta con un mal sabor y es también cristalino. El hielo se produce de manera mucho más rápida y, ya que puede enfriar las bebidas sin necesidad de usar un intermediario, la demanda de éste disminuye drásticamente.

Respecto al estudio de mercado, el cual se denominó benchmarking y needfinding, se demostró que es uno de los aspectos fundamentales en el desarrollo de cualquier producto y que cada una de estas etapas debe ser realizada de forma exhaustiva, profunda y sin desechar la información que no se considere útil.

La realización de prototipos de experiencia y de función crítica revela información que en una primera búsqueda no se obtiene, con esto es posible encontrar la necesidad del usuario de manera rápida, fácil y económica mediante alguna de estas herramientas. Es importante realizar varios prototipos debido a que no necesariamente del primero que se fabrique se va a obtener la información o resultados esperados.

Se concluye, por lo tanto, que por medio de esta metodología de diseño es posible obtener como resultados prototipos funcionales que resuelvan la problemática planteada, en este caso por la empresa MABE, y al final obtener un resultado innovador, satisfactorio y que sea capaz de provocar emociones y experiencias en sus usuarios.



## 8.1 Referencias

- Alvarez, Matthew L. "Ethylene and Propylene Glycol Fluid and Thermal Properties." *Document Database*. Particle Physics Division, n.d. Web. <<http://www.fppd-dcdb.fnal.gov/cgi-bin/retrievefile?docid=1214&filename=DMD-ENG-253.pdf&version=1>>.
- Kelley, T., Kelley, D. (2013). *Creative Confidence. Unleashing the creative potential within us all*. New York: Crown Bussines.
- Kelley, T., Kelley, D. (2002). *The Art of innovation. America's Leading Design Firm*. New York: Crown Bussines.
- Pramuditya, Syeilendra. "Water Thermodynamic Properties." N.p., n.d. Web. <<http://syeilendrapramuditya.wordpress.com/2011/08/20/water-thermodynamic-properties/>>.
- Stanford University. (2013- 2014) *ME310 innovation*. California: Stanford University. Recuperado de [http://web.stanford.edu/group/me310/me310\\_2013/index.html](http://web.stanford.edu/group/me310/me310_2013/index.html)
- Stanford University. (2013- 2014) *ME310 innovation*. California: Stanford University. Recuperado de <http://wikibox.stanford.edu/13-14/index.php/StudentWiki/HomePage>
- The engineering toolbox.(2013-2014) *The engineering toolbox. Estados Unidos de América*. Recuperado de <http://wikibox.stanford.edu/13-14/index.php/StudentWiki/HomePage>



Los capítulos pertenecientes al Fall Documentation y Final Documentation se mantienen en calidad de confidenciales. Debido a que el trabajo fue desarrollado con una empresa y los convenios firmados indican que los resultados se tienen que mantener en forma confidencial, el documento completo se queda en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la UNAM, bajo el resguardo del Dr. Alejandro C. Ramírez Reivich.

