



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Del concepto al detalle: diseño
de una máquina expendedora de
pasajes**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniera Mecatrónica

PRESENTA

Adrielly Nahomee Ramos Álvarez

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Vicente Borja Ramírez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019



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.



Del concepto ni detalles: diseño
de una máquina expandidora de
pasajes

1978

Que me autorice a publicar
este trabajo de tesis



FACULTAD DE INGENIERIA
División de Ingeniería
Mecánica e Industrial
DIMEI

V. B.
29/03/2019
[Signature]

DIRECTOR DE DIMEI

Dr. Virginia Botta Botta



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
División de Ingeniería Mecánica e Industrial
Laboratorio de Innovación en Diseño del:
Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica
y del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial
de la Facultad de Arquitectura.
2019

Del concepto al detalle: diseño de una máquina expendedora de pasajes.

Reporte del diseño conceptual y de detalle de una máquina expendedora de pasajes.

Para obtener el título de Ingeniera Mecatrónica

Redactado por: Adrielly Nahomeé Ramos Álvarez

Proyecto realizado en colaboración con:

- Xala Xutzi Ixchel Guillermo Hernández
- Ruth Alain Licona Becerra
- Jordi Olivares Romero
- José Carlos Rodríguez Tenorio

Asesorados por:

- Dr. Vicente Borja Ramírez
- D.I. Yésica Escalera Matamoros
- Dr. Alejandro Cuauhtémoc Ramírez Reivich
- Arq. Arturo Treviño Arizmendi

Del concepto al detalle: diseño de una máquina expendedora de pasajes.

Adrielly Nahomeé Ramos Álvarez

Laboratorio de Innovación en Diseño

Agradecimientos

Esta tesis fue realizada con el apoyo del Programa UNAM-PAPIME PE112019.

A *Elliette* y *Jorge* por hacer que lo extraordinario sea algo de todos los días. Merci pour ma vie. Je suis très hereux.

A *Lin* mi jíjje por caminar conmigo toujours.

A *Francis* por guiarme en la ingeniería y darme su apoyo en cada paso.

A *Vicente*, *Yésica*, *Alejandro* y *Arturo* por abrirnos el mundo para aprender.

And to our H.F. who has given me all.

Resumen

El presente escrito ilustra el diseño conceptual y de detalle de una máquina expendedora de tarjetas de acceso al transporte público generado por un equipo multidisciplinario de alumnos y profesores de la UNAM.

El diseño, considerado para satisfacer las necesidades de los usuarios del transporte público de la Ciudad de México, busca mejorar la experiencia de interacción entre el usuario y la máquina. Se presentan las soluciones para llevar el diseño conceptual al detalle a través del uso de herramientas de diseño asistido por computadora e ingeniería asistida por computadora y construcción de prototipos rápidos.

Índice

Capítulo 1. Introducción	9
Capítulo 2. Antecedentes	13
2.1 Ciclo 1	
2.2 Ciclo 2	
2.3 Ciclo 3	
Capítulo 3. Definición del proyecto	21
3.1 Objetivo	
3.2 Reto	
3.3 Alcances	
3.4 Metodología	
3.5 Participantes	
Capítulo 4. Diseño conceptual	27
4.1 Diseño accesible	
4.2 Agilidad de servicio	
4.3 Implementación de nuevas tecnologías	

Capítulo 5. Diseño de detalle exterior	37
5.1 Gabinete	
5.2 Puerta	
5.3 Cubierta	
5.4 Marco	
5.5 Sistema de luces	
Capítulo 6. Diseño de detalle interior	59
6.1 Soportes, platinas y paneles	
6.2 Sección de efectivo	
6.3 Tornillería, rieles, canaletas	
6.4 Prototipo (<i>Mock-up</i>)	
Capítulo 7. Diseño de detalle del sistema de seguridad	83
7.1 Cerradura principal	
7.2 Cerradura de cubierta	
7.3 Cerradura sección de efectivo	
Capítulo 8. Conclusiones, aprendizajes, trabajo a futuro	97
Referencias	101
Anexos	103
--BOM	
--Lista de planos	
--Planos	

1.

Introducción.

*E*l ingeniero estadounidense Henry Petroski (n.d.) reconocido por su trabajo en análisis de fallas afirmó que “Como ingenieros estaremos en la posición de cambiar el mundo- no sólo de estudiarlo”. Es por ello que el papel de la ingeniería es servir a la humanidad al proveer soluciones a las problemáticas existentes. Tal es el caso del proyecto reportado en este escrito, el cual contribuye a solucionar parte del monumental problema de movilidad de la Ciudad de México y su zona metropolitana.

Estudios por parte de la OCDE (2015) indican que la movilidad de la megalópolis está fuertemente ligada al desarrollo económico del país; por ser ésta el centro económico, financiero, político y cultural de México al contar con 17% de la población nacional y el 18% de los empleados. La metrópolis provee el 23% del PIB nacional mientras que zonas metropolitanas con una proporción poblacional similar como Londres y París producen 30% del PIB de sus respectivos países. Por lo que el Valle de México posee un crecimiento económico por debajo de su potencial, siendo una ciudad con niveles de productividad menores a los esperados (pp.6-7).

Una de las razones por las que la Zona Metropolitana del Valle de México tiene niveles bajos de productividad es debido a las pérdidas económicas causadas por los retrasos en el transporte. De acuerdo con el Instituto Mexicano para la Competitividad “se tienen cada año pérdidas de tiempo que equivalen a 33 mil millones de pesos.” (IMCO, 2015, citado por Red Urbana, p. 4) y específicamente en el transporte público los usuarios pierden al año una cantidad de horas-hombre que equivale entre \$7, 415 y \$25, 677 pesos (IMCO 2012, citado por Red Urbana, p.4).



Figura 1.1 Fila para comprar pasaje del metro, foto tomada por El Universal (Universal, 2013).

Considerando esto, organizaciones e instituciones han propuesto soluciones para mejorar la movilidad de la ciudad y fomentar la sustentabilidad. La UNAM no es ajena en los esfuerzos por resolver los retos de movilidad; ejemplo de ello es el proyecto desarrollado recientemente por un equipo multidisciplinario de alumnos e investigadores de la Facultad de Ingeniería y la Facultad de Arquitectura en colaboración con una empresa Operadora de Transporte.

El proyecto es reportado a continuación con el título: *Del concepto al detalle: diseño de una máquina expendedora de pasajes*. El cual describe el desarrollo del diseño de una máquina para compra de pasajes del transporte público utilizando el proceso de diseño establecido por el Laboratorio de Innovación en Diseño del Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería y del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial de la Facultad de Arquitectura. El proceso de diseño se centra en conocer las necesidades de los usuarios y dar soluciones que los consideren a ellos como el factor primordial.

Así, a lo largo de los capítulos se especifican las razones tomadas a partir de los estudios realizados en torno a las experiencias de los usuarios en el transporte público y específicamente en relación a su interacción con las máquinas de compra y recarga de tarjetas del transporte público referidas en este escrito como máquinas expendedoras de pasajes o *Ticket Vending Machines* (TVM).

Los primeros capítulos describen los primeros ciclos del proceso de diseño que dieron lugar a la generación del diseño conceptual, en ellos se hace referencia a las encuestas, entrevistas, grupos y pruebas que se realizaron para conocer el sentir y pensar de los usuarios, así como el contexto en el que se desarrolla la problemática.

A partir del cuarto capítulo se explica el diseño conceptual de la máquina expendedora de pasajes partiendo de tres grandes retos descritos en el capítulo 2. Los siguientes tres capítulos detallan el diseño de cada parte de la TVM fundamentado en la parte conceptual. Se finaliza entonces con las conclusiones, aprendizajes y trabajo a futuro del proyecto.

Es importante mencionar que el trabajo reportado es sólo uno de los muchos esfuerzos por mejorar tanto la movilidad como la calidad de vida de los habitantes de una de las urbes más grandes del mundo. Tomando esto como punto de partida para alcanzar la sustentabilidad.

Debido a que los resultados del proyecto serán explotados por la empresa Operadora de Transporte, no se incluye toda la información del diseño final, sino que se busca reportar el porque de las decisiones tomadas para el desarrollo del mismo.

2.

Antecedentes.

*L*as máquinas de compra y recarga de tarjetas de acceso al transporte público, conocidas como *Ticket Vending Machines (TVM)*, son ampliamente utilizadas en diferentes sistemas de transporte alrededor del mundo debido a las ventajas que proveen en cuanto a disponibilidad, facilidad de uso y disminución de tiempo de espera. En la Ciudad de México son empleadas en los autobuses de tránsito rápido (BRT), metro y tren ligero para agilizar la compra-venta de pasajes.

Si bien las ventajas de las TVM resultan una mejoría en la movilidad de cualquier ciudad, en una megalópolis en la que 7.96 millones de personas realizan cuando menos un viaje en transporte público en un día entre semana (INEGI, 2017), las carencias de las diferentes máquinas operando son notables y relevantes como se muestra en la figura 2.1.



Figura 2.1 Fila para comprar o recargar tarjeta.

Estando concientes de que el sistema de recaudo es clave para que el servicio de transporte de una ciudad con tan grande demanda cumpla su cometido, se desarrolló un nuevo diseño de TVM por un equipo de alumnos y profesores del Laboratorio de Innovación en Diseño del Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería y del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial de la Facultad de Arquitectura de la UNAM para una empresa Operadora de Transporte. El proyecto tuvo una duración de 1 año y distintas etapas en las que se realizaron diversas actividades para lograr obtener un diseño adecuado.

El diseño nuevo tiene el objetivo de mejorar la experiencia de interacción de los usuarios con la máquina de compra y recarga de tarjetas para el uso del transporte público de forma ágil y eficiente (Rodríguez, 2019).

El proceso aplicado para el diseño de la máquina fue el propio del Laboratorio de Innovación en Diseño el cual se centra en satisfacer las necesidades de los distintos tipos de usuario, a saber: activos, pasivos y de servicio.

Siendo los usuarios la parte más importante del proceso, es menester conocer el papel que desempeña cada uno. Por un lado, los usuarios activos tienen una interacción directa con el producto a diseñar, en este caso, la máquina expendedora de pasajes, por lo que este tipo de usuarios, manipula la máquina comprando o recargando la tarjeta y recibiendo, por tanto, el beneficio directo de obtener o recargar la tarjeta. Los usuarios pasivos reciben el beneficio sin necesidad de interactuar con la TVM, éstos piden a otro usuario el acceso al transporte al dar dinero para recargar la tarjeta del otro. Por otro lado, los usuarios de servicio no reciben ningún beneficio de la máquina pero la manipulan, ya sea para dar mantenimiento técnico o para mantener el espacio limpio y en condiciones de uso.

La siguiente parte más importante en el proceso es definir el problema a resolver, conocer todo aquello que influya en el diseño, desde el contexto hasta el funcionamiento de la máquina; idear formas para resolver el problema, probar las soluciones ideadas directamente con los usuarios y aprender sobre lo ejecutado.

Teniendo en mente esto, se efectuaron 3 ciclos para desarrollar el diseño conceptual, y se tuvo un cuarto para elaborar el diseño de detalle. El primer ciclo dio el primer acercamiento al proyecto, en éste se hicieron las primeras observaciones, entrevistas, encuestas y simuladores.

El segundo ciclo consistió en hacer encuestas complementarias, planear e implementar un grupo focal para identificar las preferencias de las personas mediante varios simuladores rápidos. El tercer ciclo consistió en hacer pruebas más específicas basadas en los conocimientos generados durante los ciclos anteriores, se realizaron para validar los conceptos propuestos a través de los meses de trabajo.

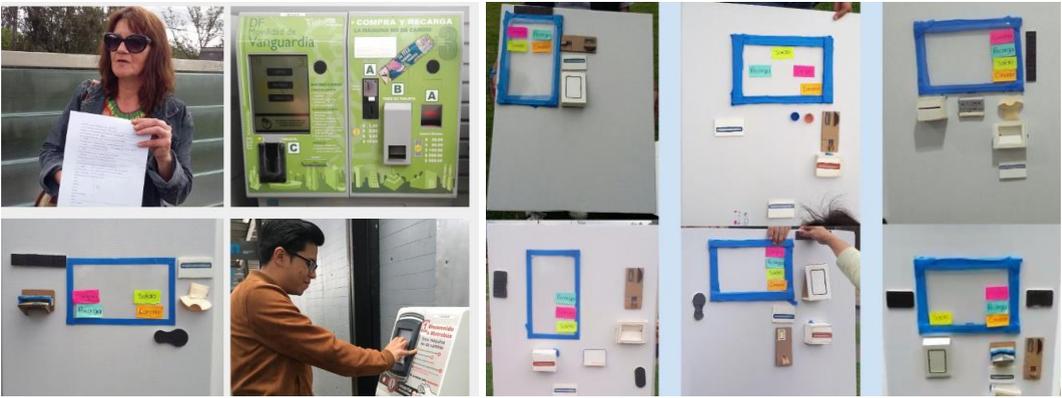


Figura 2.2 Primer ciclo de encuestas, entrevistas, observaciones y pruebas.

El desarrollo del diseño a través de la implementación del proceso permitió obtener hallazgos importantes sobre el sistema de transporte, la interacción con la máquina por parte de los diferentes tipos de usuarios y las pruebas realizadas a éstos.

2.1 Ciclo 1

El primer ciclo se centró en conocer a los usuarios, comprender la visión sobre la experiencia que tienen diariamente en el transporte público y la interacción con la máquina. Se realizaron observaciones en diferentes estaciones de metro y Metrobús de la Ciudad de México, se hicieron entrevistas a personas de distintas edades y profesiones para estar al tanto de sus opiniones sobre el tema. Para obtener más información sobre las preferencias de los usuarios en cuanto a la distribución de componentes de la máquina se creó un lienzo en blanco para que colocaran los elementos según creyeran conveniente para tener una máquina más sencilla de utilizar. Entre los aspectos que más resaltaron de estos simuladores están: la eliminación de partes, la cercanía de los elementos comunes y la colocación de la pantalla en forma horizontal.

Las observaciones realizadas en el sistema de transporte permitieron identificar que el tiempo de espera para comprar y recargar las tarjetas es una parte clave para el resto de las operaciones a ser realizadas en el transporte. El tiempo aumenta por la confusión generada en la entrada y salida de la estación debido al estancamiento de personas que, por falta de visibilidad, se limitan a usar únicamente las máquinas de la entrada. Este estancamiento también es producto de los usuarios piden a otro acceso con su tarjeta al ellos olvidar la suya, dificultando, por tanto, el flujo de personas por la estación.



Figura 2.3 Fila para comprar o recargar tarjeta

Los hallazgos de este ciclo sirvieron para la planeación del segundo considerando el aprendizaje obtenido.



Figura 2.4 Grupo focal.

El segundo ciclo consistió en elaborar un grupo focal con diversas pruebas. Entre ellas estaban elegir la máquina con la estética e innovación preferida, determinar qué tan útil era una secuencia de uso sencilla, comentar la reacción que tenían ante ciertos sonidos y colores y escoger entre algunas distribuciones de elementos. Se aplicó también una encuesta en línea para saber la opinión de una mayor cantidad de personas. Del ciclo se aprendió la manera en que las personas asociaban los colores y los sonidos, siendo el rojo y los sonidos fuertes de alerta y error, el verde y los sonidos agudos de disponibilidad y de que la operación fue realizada correctamente.

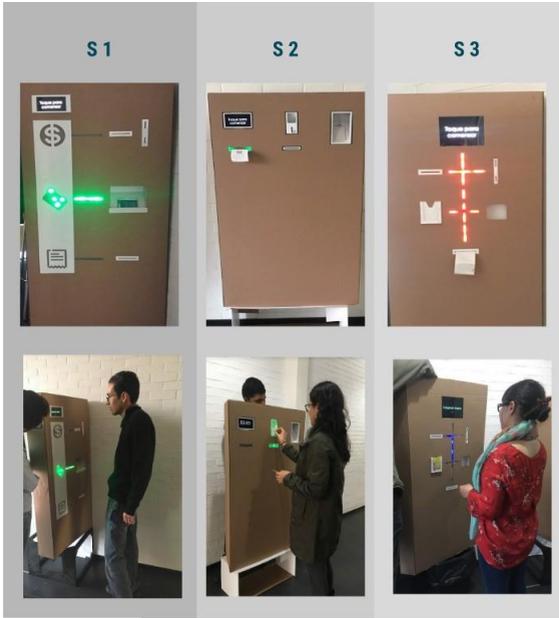


Figura 2.5 Pruebas con simuladores.

La interacción de los usuarios con la máquina es crucial, por lo que las pruebas realizadas a los usuarios con simuladores proveyeron resultados de gran interés. En ellas se descubrió que éstos tienen una mayor facilidad de entender con los elementos agrupados, presentan confusión al tener botones y pantalla táctil para las mismas acciones e identifican acciones con secuencia de luz, esto es evidente en la figura 2.6.

El ciclo 3 tomó los hallazgos de los primeros dos para diseñar tres simuladores diferentes, cada uno con geometrías, distribución de componentes, pantallas y elementos distintos, la característica en común era que cada uno tenía una guía de luces para indicar la siguiente acción a realizar. Se pidió a un público diverso hacer las pruebas para validar cada concepto y determinar cuál de las distribuciones era más fácil de entender y de aprender. Se compararon también las máquinas análogas y homólogas de varias modalidades de transporte o de otros sectores. Los hallazgos obtenidos en la interacción con los simuladores fueron críticos en el desarrollo del concepto.

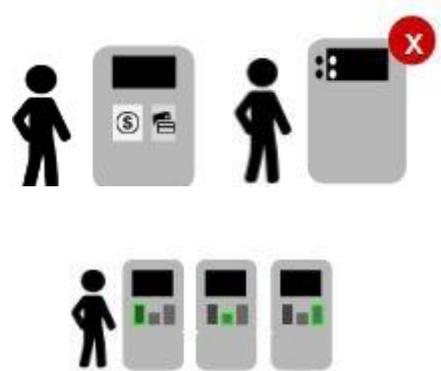


Figura 2.6 Interacción con TVM.

Los descubrimientos obtenidos a través de los estudios realizados en los primeros 3 ciclos del proceso de diseño permitieron definir plenamente los requerimientos del proyecto. A partir de esto, surgieron tres retos principales a resolver:

1. La máquina debe tener un diseño accesible que disminuya el espacio utilizado durante su uso y elimine elementos distractores.
2. Es pertinente agilizar el uso de la máquina al disminuir los componentes que requieran un servicio continuo, implementar una secuencia de uso guiada para eliminar el margen de error por parte del usuario.
3. Implementar nuevas tecnologías como el uso de fuentes de energía limpias y nuevas opciones de pago.

Con todo ello surgió el nuevo concepto, con el lema “tu tiempo es valioso” con el objetivo de agilizar todas las operaciones al redistribuir los elementos de manera eficiente, tal que la secuencia de uso fuera más intuitiva, el mantenimiento más eficaz, el recaudo más seguro y el flujo personas en la estación más ágil.

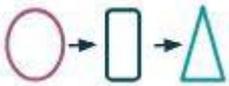
Surge como una reconfiguración de las máquinas actuales ante las complicaciones que éstas presentan con frecuencia y de acuerdo con la percepción de mejora de los usuarios.

Se llegó a la conclusión de que esta reconfiguración debía seccionar el servicio, predecir las operaciones a ser realizadas por el usuario, dividir las áreas de mantenimiento y garantizar la robustez del sistema con un software y hardware adecuados.

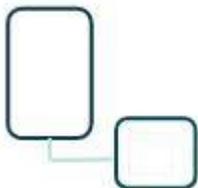
Con lo anterior se definieron las condiciones que darían lugar al diseño conceptual de la TVM. Éstas se dividieron en 4 verbos: seccionar, predecir, separar y garantizar, los cuales se explican a continuación.



1. Seccionar por áreas las operaciones a realizar es una de las soluciones propuestas para ayudar al usuario a identificar rápidamente los lugares donde debe colocar la tarjeta, obtener la tarjeta y pagar.



2. Predecir la siguiente acción a ser ejecutada por la persona, será útil para agilizar el uso de la máquina sin tener que seguir instrucciones complejas.



3. Separar la sección de mantenimiento técnico de la de valores para aumentar la seguridad de la TVM y facilitar la administración del servicio.



4. Garantizar la correcta funcionalidad de todo el sistema al tener hardware y software robustos que mantengan a la máquina en condiciones de operación por más tiempo y ante errores cometidos por parte de los usuarios.

Teniendo claridad en el concepto generado y en la forma de solucionar los retos presentados es posible desarrollar el diseño de detalle a cabalidad. Éste se describirá en los capítulos siguientes.

3.

Definición del
proyecto.

3.1 Objetivo

El objetivo general del proyecto es mejorar la experiencia de interacción entre el usuario y la máquina expendedora de pasajes, logrando así un flujo más ágil y eficiente de las personas en el transporte público. El objetivo particular de las etapas reportadas en este escrito es concretar las soluciones obtenidas a partir del diseño conceptual desarrollado.

3.2 Reto

El reto es desarrollar y encontrar solución a cada aspecto planteado en el diseño conceptual para lograr que la máquina sea segura e intuitiva, a través de la redistribución eficiente de los componentes y de la integración de cada subsistema.

3.3 Alcances

Los alcances del proyecto es obtener la documentación necesaria para la fabricación de un prototipo alpha (Borja & Ramírez, 2006) de la máquina, en este caso siendo a escala natural y utilizando los procesos de manufactura cercanos a los definitivos. Es importante destacar que los procesos definitivos de manufactura se dejarán a criterio de los fabricantes y que en esta etapa del proyecto aún el fabricante está generando soluciones para la manufactura del producto.

3.4 Duración

El proyecto en su totalidad duró 1 año; el diseño conceptual requirió la mayor parte del tiempo, éste se realizó en 8 meses, mientras el diseño de detalle se desarrolló en los últimos 4 meses, si bien, aún se tienen mejoras por realizar, se espera la realimentación por parte de la empresa y el fabricante para las correcciones provenientes del prototipo alpha.

3.5 Proceso de diseño

El proceso de diseño implementado en el proyecto fue el propio del Laboratorio de Innovación en Diseño del Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería y el Centro de Investigaciones de Diseño Industrial de la Facultad de Arquitectura de la UNAM. Éste se centra en satisfacer las necesidades de los usuarios, tiene 4 grandes ciclos y 5 funciones en cada ciclo.

Las funciones del proceso de diseño son: *definir* los objetivos, la problemática, los retos, los alcances del diseño, *conocer* todo lo relacionado con el producto a diseñar, *idear* soluciones a los retos y problemáticas planteadas, *probar* las propuestas de solución y *aprender* de todas lo anterior. Las funciones, en la práctica no se efectúan siempre en orden, el proceso puede ser más caótico que ordenado pero eso permite tener mayor flexibilidad y versatilidad para innovar. Las funciones se muestran en la figura 3.1.

Los primeros tres ciclos se centran en generar el concepto del diseño a partir de las experiencias con los usuarios, entrevistas, grupos focales y simuladores rápidos para determinar los intereses, las reacciones de los interesados.

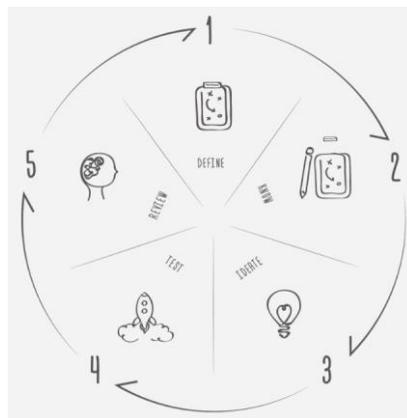


Figura 3.1 Funciones del proceso de diseño.

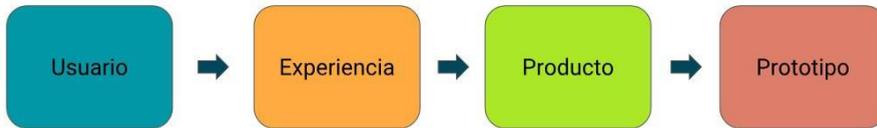


Figura 3.2 Ciclos del proceso de diseño.

El primer ciclo se centra en conocer al *usuario*, se definen los distintos tipos que hay según la manera en que interactúan con el producto y la relación que tienen con él. Se hacen observaciones generales para determinar las funciones que desempeña y se consultan sus opiniones. Se aprende sobre el contexto general pasado, presente y futuro del objeto. Se buscan soluciones actuales en el mercado a la problemática definida. Se hacen pruebas rápidas para identificar las preferencias de los usuarios. Y se conocen los factores críticos.

El segundo ciclo escudriña la *experiencia* del usuario, desde el momento en que sale de su casa para llegar al transporte público. En esta parte del proceso se realizan mapas de empatía y mapas de viaje para ilustrar cada parte de la experiencia. Para comprenderla mejor se hacen observaciones más específicas de acuerdo con el tipo de usuario que esté realizando la acción, ya sea un usuario activo o uno de servicio. Las entrevistas también buscan obtener respuestas más concisas sobre lo que los usuarios piensan y sienten.

El tercer ciclo se enfoca en el *producto*. Su finalidad es generar una propuesta de valor para el producto teniendo en cuenta los descubrimientos de las etapas anteriores, se reevalúa el objetivo global del proyecto, se enlistan los requerimientos y especificaciones, se crea el modelo de negocio del producto, se analizan los factores críticos

El último ciclo se enfoca en desarrollar el *prototipo*, usa, de la misma forma que los anteriores, las etapas de definir, conocer, generar, probar y aprender. Sin embargo, tiene la particularidad de que al desarrollar el producto en conjunto y en cada una de sus partes o componentes, verificar los aspectos de producción, así como otros aspectos importantes (Borja & Ramírez, 2006a) implementa la ingeniería de detalle con herramientas de diseño asistido por computadora (CAD), ingeniería asistida por computadora (CAE) y prototipos rápidos para entender el concepto, el movimiento y la función que realiza cada parte de la máquina.

Parte esencial de la metodología consiste en probar, a través de simulaciones con programas computacionales y simuladores físicos el comportamiento de cada componente como un proceso de aprendizaje y de evaluación de los conceptos para obtener un diseño más detallado, por ello, a través del presente escrito se describirán tanto las simulaciones como los prototipos de desarrollo y prototipos alpha realizados para completar el diseño de la TVM.

3.6 Equipo de trabajo

El proyecto fue asesorado por los expertos en diseño:

- Dr. Vicente Borja Ramírez
- D.I. Yésica Escalera Matamoros
- Dr. Alejandro Cuauhtémoc Ramírez Reivich
- Arq. Arturo Treviño Arizmendi

También se tuvo el apoyo de la empresa Operadora de Transporte para el desarrollo del proyecto.



Figura 3.3 Participantes del proyecto.

El proyecto al requerir conocimientos de diversas áreas fue desarrollado por un equipo multidisciplinario conformado por estudiantes de diseño industrial e ingeniería mecánica. Cada integrante colaboró desde la etapa inicial del proyecto con asignaciones propias de sus áreas, las participaciones en las etapas específicas se muestran en la tabla 3.1. La etapa inicial tuvo una duración de 8 meses, mientras que la final duró 4 meses.

Nombre	Área	Tiempo en el proyecto	Etapas
Xala Xutz'i Ixchel Guillermo Hernández	Diseño Industrial	10 meses	Diseño conceptual, diseño de detalle, documentación.
Ruth Alain Licona Becerra	Diseño Industrial	7 meses	Diseño conceptual.
Jordi Olivares Romero	Ingeniería Mecatrónica	8 meses	Diseño conceptual.
Adrielly Nahomeé Ramos Álvarez	Ingeniería Mecatrónica	12 meses	Diseño conceptual, diseño de detalle, documentación.
José Carlos Rodríguez Tenorio	Ingeniería Mecatrónica	12 meses	Diseño conceptual, diseño de detalle, documentación.

Tabla 3.1 Participantes del proyecto.

- 4. Diseño conceptual.**
- 5. Diseño de detalle exterior.**
- 6. Diseño de detalle interior.**
- 7. Diseño de detalle de sistema de seguridad.**

Confidential

Los capítulos 4, 5, 6 y 7 son de carácter confidencial. Para mayor información por favor contacte al director de tesis el Dr. Vicente Borja Ramírez
correo electrónico: vicenteb@unam.mx
teléfono: 56229985 ext. 307.

8.

Conclusiones,
aprendizajes, trabajo a futuro.

*E*l diseño presentado delinea y detalla el concepto de una nueva máquina expendedora de pasajes que mejora la experiencia de interacción del usuario en el transporte público al crear una secuencia de uso entendible, fácil de disponer y a prueba de errores para cualquier tipo de usuario, ya sea un usuario nuevo o frecuente, logrando así el objetivo de mejorar la experiencia para obtener un flujo más ágil de personas en la estación.

La identificación de los retos permitió ofrecer una solución real a las necesidades de los usuarios. El proveer una geometría esbelta y cambiar la disposición de las TVM da al usuario una percepción más amplia del espacio disponible en la estación, permite un flujo ágil de personas y evita la aglomeración de las mismas en torno a un sólo espacio.

El crear el sistema de luces para determinar la disponibilidad de las máquinas garantiza el uso equitativo de éstas evitando la saturación de unas pocas y proveyendo mayor capacidad de servicio por parte de las TVM.

Eliminar los elementos distractores y agrupar en secciones los elementos comunes reduce el margen de error por parte de los usuarios de introducir la tarjeta o el efectivo en lugares inapropiados que causan daños a los componentes.

Implementar una secuencia guiada por medio de luces para comprar y recargar la tarjeta enfoca las acciones de los usuarios en un período reducido de tiempo para que manipulen correctamente la TVM evitando que se produzcan largas filas y esto cause desesperación al usuario.

Las herramientas de ingeniería y diseño asistido por computadora fueron claves para trasladar el concepto al detalle permitiendo observar los aspectos críticos del diseño de manera exacta, así como de la integración del sistema entero.

La construcción de los *mock-ups*, simuladores rápidos y prototipos de funcionalidad limitada provee información y conocimiento primordial que los programas de diseño no proporcionan. Por ello, su realización es clave para complementar las soluciones generadas.

La generación de los planos ayudó a comunicar y documentar cada solución de forma sistemática como una primera revisión para la construcción de un prototipo alpha a escala real por parte del fabricante.

Es importante mencionar que lo reportado en este escrito presenta el concepto y una primera etapa del diseño de detalle o revisión A, resta aún la fabricación del primer prototipo alpha a escala real por parte del fabricante para reunir la documentación necesaria para una siguiente revisión y su subsecuente fabricación.

Un diseño accesible y un servicio ágil son la clave para alcanzar el objetivo y los beneficios previstos. El beneficio primordial de la nueva TVM es que al ser la primera máquina expendedora verdaderamente intuitiva no se limitará tan sólo a mejorar la experiencia de interacción con el usuario sino que ayudará a disminuir las pérdidas de tiempo en el transporte público y por tanto, ayudará a aumentar la productividad de la ciudad.

El conocimiento adquirido a través del proceso de diseño implementado en el proyecto fue significativo en el nivel de innovación de la solución generada debido a que consideró como parte central las necesidades del usuario contextualizadas apropiadamente su entorno.

Este proyecto es uno de los esfuerzos por entender a profundidad el problema de la movilidad en la Ciudad de México, de contribuir a su resolución de forma activa y de incentivar la generación de soluciones que consideren a los usuarios como el elemento más importante.

Referencias

AUSTRAL. 2015. Catálogo 2015, [Internet]. Disponible en [http://axalc.com.mx/catalogos/9e0a0-Catalogo-AUSTRAL-2015-\(baja\).pdf](http://axalc.com.mx/catalogos/9e0a0-Catalogo-AUSTRAL-2015-(baja).pdf) [consultado en marzo 2019].

Baselga Lizaga. N.d. Información Técnica Tornillería, [Internet]. Disponible en: http://baselgalizaga.com/img/cms/documentos/info_tecnica/informacion_tecnica_tornilleria.pdf [consultado en marzo 2019].

Borja Vicente y Alejandro Ramírez. 2006. Cuaderno de gestión de tecnología: Innovación de producto. Premio Nacional de Tecnología. México.
Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. 2015. Estudios Territoriales de la OCDE: Valle de México, México.

Centro de Diseño e Innovación Tecnológica y Centro de Investigaciones de Diseño Industrial. 2018. *Anexo: Cerraduras*. Laboratorio de Innovación en Diseño. UNAM. México.

Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. 2016. Diccionario Español-Náhuatl. [Internet]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/64177/diccionario_nahuatl_hueyapan_comunicadores_indigenas_v2016.pdf. México.

INDURA. 2010. Manual de aceros inoxidable, [Internet]. Disponible en <http://www.indura.cl/> [consultado en marzo 2019]. Chile.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2017. Encuesta Origen Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México 2017. [Internet]. Disponible en: http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/programas/eod/2017/doc/resultados_eod_2017.pdf [consultado el 10 de enero de 2019].

Kelley Tom & Jonathan Littman. 2001. *The Art of Innovation*. USA.

Mora Karla. 2013, 12 diciembre . Usuarios de metro “asaltan” taquillas. El Universal. [Internet]. Disponible en: <http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad-metropoli/2013/usuarios-39asaltan-39-taquillas-por-alza-al-metro-972612.html>. [consultado en marzo 2019].

Papantoniou, Bill, Mads Soegaard, et. Al. 2002. *The Glossary of Human Computer Interaction*. Interaction Design Foundation. USA. [Internet] Disponible en: <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-glossary-of-human-computer-interaction/mock-ups>. [consultado en febrero 2019].

Red Urbana. 2017. *Una red a favor de las ciudades*. México.

Rodríguez Tenorio José Carlos. 2019. Diseño de una máquina de compra y recarga de tarjetas para el transporte público. Facultad de Ingeniería, UNAM.

Suministros Técnicos S.A., Acero Grado Maquinaria: AISI 1045, [Internet]. Disponible en <http://www.deinoxidable.mx/AISI%201045.pdf> [consultado en febrero 2019].