



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE UN MODELO FUNCIONAL PARA LA LIMPIEZA DE
UNA CARA EN EL ELEVADOR DEL CIA, FI

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERA MECATRÓNICA

PRESENTA

ANDREA NEPOMUCENO RAZO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO

PRESENTA

HÉCTOR RAMÓN JIMÉNEZ ESQUIVEL

DIRECTOR DE TESIS

ING. LUIS YAIR BAUTISTA BLANCO



MÉXICO, D.F.

AGOSTO 2014

Índice.

Agradecimientos	III
Dedicatorias	VII
1. Introducción	1
2. Objetivos	2
3. Marco Teórico	3
3.1. Centro de Ingeniería Avanzada (CIA) de la Facultad de Ingeniería UNAM	3
3.1.1. Misión y visión del CIA	3
3.1.2. Limpieza	4
3.2. Elevadores y su limpieza	6
3.2.1. Asistida	6
3.2.2. Sistemas automatizados	9
3.3. Sistemas limpiadores	10
3.3.1. Evolución	10
3.3.2. Características técnicas	12
3.3.3. Ambiente	18
3.3.4. Tecnologías de limpieza	19
3.4. Aplicación móvil	21
3.4.1. Tecnologías existentes	22
3.4.2. Relacionada con la limpieza	24
4. Necesidades	26
4.1. Identificación de las necesidades	27
4.2. Jerarquización	29
5. Especificaciones	31
5.1. Generación de especificaciones objetivo	31
5.2. Relación con las necesidades	33
6. Sistematización	36
6.1. Identificación de funciones	36
6.1.1. Sistemas	36
6.1.2. Subsistemas	37
7. Concepto	40
7.1. Concepto seleccionado	40
7.2. Análisis de concepto	40

8. Configuración	42
8.1. Configuraciones posibles	42
8.2. Configuración final propuesta	48
9. Diseño de detalle	50
9.1. Sistema de movimiento	50
9.2. Sistema de sujeción	52
9.3. Sistema de procesamiento	53
9.4. Sistema de limpieza	55
9.5. Sistema de alimentación	56
9.6. Recorrido propuesto	58
9.7. Aplicación móvil	59
10. Modelos	63
10.1 De apariencia	63
10.2 De funcionalidad	65
11. Pruebas	72
11.1 Pruebas de movimiento	72
11.2 Pruebas de la aplicación	74
11.3 Pruebas de limpieza	78
12. Resultados	80
13. Trabajo a futuro	81
14. Conclusiones	82
15. Referencias	83
Anexos	
I. Lógica de bloques que conforma la aplicación móvil	90
II. Programa de Arduino UNO para los motores en conexión con la aplicación	96
III. Plano de la base del dispositivo para corte láser	99
IV. Isométrico y diagrama explosivo del dispositivo	102

Agradecimientos.

Andrea Nepomuceno Razo.

A esa mujer dedicada y trabajadora que es mi mamá, ya que sin sus enseñanzas, consejos, regaños, apoyo, consejos, risas, llantos y mil cosas más que se pueda uno imaginar no habría llegado hasta donde estoy. Para ti *Vivi*, con todo mi corazón, te dedico este trabajo que es solo un pequeño reflejo de todo el esfuerzo y sacrificio que hacer para poder darnos todo, se te quiere mucho.

Para mi hermano *Daniel*, que a pesar de las diferencias y peleas sé que siempre puedo contigo. Gracias por esos momentos de alegrías y risas tontas, así como esos paseos y gustos que nos unen como hermanos. Te quiero y espero pronto poder tener el orgullo de verte graduado.

Para mis abuelitos *Rafael, Georgina y Carlota* por su gran apoyo a lo largo de todos estos años. Gracias por todos sus consejos y sus lindas historias de vida que me han enseñado mucho y que guardo con gran cariño en mi corazón.

Gracias a mi papá y a mis tíos *Oscar, Elsa, Emma, Pilar, Luis y Gustavo* ya que todos han tenido una parte muy importante en mi vida y que me han brindado su apoyo incondicional, consejos y buenos momentos cuando más se necesitan. Aprovecho una mención especial para mi tío *Rodri* (Q.E.P.D.) porque yo sé que en donde esté, siempre me ayuda para poder lograr todos mis sueños.

También agradezco a mis primos por todos esos graciosos momentos que compartíamos al crecer, pero sobre todo a *Tavo* que, aunque tal vez él no lo sepa, pero siempre lo he considerado como uno de mis más grandes ejemplos a seguir.

Héctor Jiménez muchas gracias por todas esas “aventuras de nuestras vidas” que compartimos, las risas, las tonterías, los cantos, los bailes, los proyectos pero sobre todo por compartir este trabajo de tesis, ya que sin ti no sería lo mismo. Gracias de nuevo por haberme aceptado en tu vida.

Agradezco a la UNAM y a la Facultad de Ingeniería por los conocimientos y por el gran honor de pertenecer a esta gran casa de estudios.

Gracias a mis profesores por todos los conocimientos, las guías y las lecciones de vida tanto dentro y fuera del aula. Gracias por el apoyo y las bases para poder desarrollarme como estudiante y profesional, sobre todo gracias a la *Dra. María del Pilar Corona Lira*, a *José Arturo Reyna Galindo*, al *Dr. Francisco Cuenca Jiménez*, a la *M.I. Itzel Flores* y al *M.I. Antonio Zepeda Sánchez*. Aprovecho para hacer una mención especial para el *Ing. “Don” Miguel* por sus grandes historias y consejos que nos compartía en los talleres del CDMIT, ya sea para la vida como para este trabajo de tesis. Sin lugar a dudas es una gran persona a la que le guardo un gran afecto.

Al *Ing. Luis Yair Bautista Blanco* por ser nuestro tutor, por el apoyo, las aportaciones, por su asistencia y su confianza para la realización de este trabajo. Gracias por tu amistad y por los consejos que nos has brindado en el tiempo que llevamos de conocernos.

También gracias a todos esos amigos que me han apoyado, me han brindado grandes momentos y me han agregado a sus vidas sin importar mi manera de ser o las cosas que hice o deje de hacer y que sin esas personas mi vida no sería igual. Gracias *Diana Matehuala* porque a pesar de todo el tiempo que nos conocemos seguimos riendo de las mismas tonterías como si fuera la primera vez. Gracias a las niñas *Anahí* y *Denise* por dejarme que las moleste pero que saben que las quiero mucho. A *Javiz, Aldo, César, Esteban, Tacho, Gax, Jakob, Jorge Luis, Humberto, Zaye, Elliot, Mario "Baloo", Mildred, Ángel Sevilla, Teuffer, Héctor Aquino, Israel, Ricardo Singer, Oswaldo, Manuel, José Luis, Yunue*, entre otros, ya que sin ellos la Facultad no hubiera sido la misma. Gracias a *Juan Franciso, Karen, Mariana Olaguibert, Mario Sosa, Kathya, Sergio Pozos, Adrián Tovar, Carlos Enrique, Arturito, Rodrigo Martínez, Prospe, Ismael Ordoñez, Tezko* y *Ricardo* por los momentos que hemos compartidos juntos y que me han ayudado a crecer como persona.

Y por último gracias a todas esas cosas que me hacen soñar y que sin duda son una gran parte de mi vida, gracias a todas esas películas que hacen volar mi imaginación y gracias a toda la música que me acompaña cada día y que me hace cantar y/o bailar todos los días de vida.

A mis padres, por ser los pilares fundamentales de mi crecimiento como ser humano. A Araceli Esquivel Reyes, compañera de alegrías y todo tipo de emociones fuertes, además de asidua fanática del “Siempre tengo la razón”. Y sí, debo admitirlo, nunca te has equivocado, por eso y por infinidad de cosas más, gracias madre por el apoyo, los consejos y la sabiduría que nunca dudas en impartirme. A Ramón Jiménez Hurtado, amigo y padre excepcional, por darme las herramientas y las lecciones necesarias para forjar mi propio camino. Pero sobre todo, gracias a los dos por su amor incondicional.

A la UNAM y a la Facultad de Ingeniería. Palabras faltan para agradecerles los conocimientos, los medios y la formación proporcionada a lo largo de este periodo. No sólo son las instituciones que me educaron, son también parte de mi familia y de una serie de vivencias que serán imposibles de olvidar.

A mi tío Fernando Esquivel Reyes, un ser inigualable y con una mente indiscutiblemente brillante. Gracias por ampliar mi visión del mundo, por las pláticas tan amenas y por estar al tanto de mí incluso si estás a un océano de distancia. *Ich liebe dich sehr, Onkel!*

A Elías Pérez Martínez, por ser un cómplice excepcional, un amigo incomparable, una persona con un universo de imaginación e inventiva, por las anécdotas, experiencias y retos que hemos pasado juntos. Por las risas, el cariño, la confianza y por escucharme hablar de esto en todo momento hasta este punto. *愛してる!*

A mi compañera y amiga, con la cual sufrí, viví, pero sobre todo disfruté no sólo este trabajo de tesis, sino mi vida en la Facultad. Por las desveladas, los proyectos, las canciones, los bailes y sobre todo, por la amistad pura que has sido capaz de brindarme en estos años. Porque ya estamos aquí, gracias Andrea Nepomuceno Razo.

A mi asesor, el Ing. Yair Bautista Blanco, porque me ayudó en este viaje con toda intención de sacar un buen proyecto adelante y por hacerme ver de una manera diferente la ingeniería. Por proporcionarme apoyo, conocimientos y amistad, y por ser una de las personas que más admiro y respeto.

A la Dra. María del Pilar Corona, a la M.I. Itzel Flores, a la Dra. Cristina de León y a todos mis profesores de la Facultad porque sin ellos, no habría tenido las herramientas necesarias para completar esta labor. Al Ing. Miguel, que en los talleres del CDM siempre tuvo algo importante que decir para avanzar en esta tesis.

A la mujer de casi toda mi vida. La chica que me ha aguantado en todas mis fases y no se ha echado para atrás en ninguna de ellas. Porque quiero que siga siendo así de aquí en adelante y porque has sido partícipe de muchos de los eventos que me han marcado y forjado como persona. Por el fuerte vínculo que hemos creado por 12 años, gracias Montserrat Brugada Reyes, ¡Te amo mucho, amiga!

A las mujeres más luchadoras que haya conocido jamás, mis abuelas. A Celedonia Reyes Sánchez y Gloria Hurtado Mendez. Cada una a su manera me ha enseñado el fruto del trabajo constante y a cómo no rendirse a pesar de los obstáculos que se puedan encontrar en el camino.

A Axayacatl Medina Ramos y Alejandro Jiménez Anzaldo, ya que no sólo han sido mis amigos, sino que con el paso de los años se han convertido en verdaderos hermanos para mí. Por la cercanía y la confianza que les tengo, los quiero mucho y les agradezco que estén recorriendo a mi lado este camino.

Y hablando de hermanos, gracias al Álamo: Aldo, Fernando, Alina, David, Raymundo, Germán, Josué, Darío, Alberto, Berenice y Carlos. No podría existir mejor compañía que la de ustedes.

A Mateo Moreno, Christopher Anguiano y Rodrigo Herrera, los tres parte fundamental de mí, y que a pesar de ya no estar tan cerca como antes, siempre tienen un lugar especial en mi corazón.

A René, Brenda, Ximena, Chema y David, porque fueron capaces de soportar mis peroratas sobre las frustraciones, logros y anécdotas de esta tesis.

A Pamela Avendaño, Anahí Velázquez, Ángel Sevilla, Denise López, Diana Matehuala, Elliot Alpízar, Donovan Ontiveros, Mario Sosa y todas aquellas personas especiales que hicieron de la Facultad un lugar un poco más brillante cada día.

A mi grupo de Japonés en el CELEX, porque inconscientemente (o quizá no tanto), realmente me han hecho ver la vida desde otra perspectiva. Gracias Gab, *Shigatsu*, Sofía, Isaí, Brandon, Cruz, Alberto y Sarai.

Dedicatorias.

Andrea Nepomuceno Razo.

“Si me gustaran las cosas fáciles, no habría creado las matemáticas.”
-Dios, 31 Minutos.

“All men who have achieved great things have been great dreamers.”
-Orison Swett Marden.

“All journeys have secret destinations of which the traveler is unaware”
- The Legend of the Baal-Shem, Martin Buber.

Esta tesis va dedicada
A mi mamá,
A Daniel,
A mi familia,
A Jacky, Aquiles, Cookie, Loki y Trixie,
A mis amigos.

Héctor Ramón Jiménez Esquivel.

“It’s time to try defying gravity...”
-Elphaba. Wicked.

“It’s not who I am underneath, it’s what I do that defines me.”
-Bruce Wayne. Batman Begins.

Esta tesis va dedicada a mis padres,
A la UNAM,
A Gloria y Cele, mis abuelas,
A mi tío Fernando,
A Elías,
A Montse,
A Axayacatl y Alejandro.

1. Introducción.

En el presente trabajo se expone el desarrollo elaborado para la creación de un sistema de limpieza para una de las paredes del cubo del elevador del nuevo edificio de la Facultad de Ingeniería: El Centro de Ingeniería Avanzada, accionado a partir de una aplicación móvil. Se presenta en el tercer capítulo una breve recopilación teórica de los conceptos que se utilizaron a lo largo de la investigación. El cuarto capítulo muestra los inicios del proceso de diseño en el que se identifican las necesidades del proyecto y a partir del quinto capítulo, estas se transforman en especificaciones. A lo largo del sexto capítulo se indica la sistematización del sistema, en donde se divide el dispositivo en partes más pequeñas que lo conforman. El séptimo capítulo presenta el diseño conceptual, en donde se muestran las opciones analizadas para los requerimientos del proyecto así como la toma de decisión para el concepto elegido. El octavo capítulo da pie a las configuraciones posibles del dispositivo, utilizando tecnologías existentes. En el capítulo nueve se ahonda en el diseño de detalle, en donde se plantean las características tecnológicas a emplear en el proyecto a partir de la configuración final. El capítulo diez hace énfasis en el modelado, pasando por el modelo de apariencia y describiendo paso a paso la estructura del modelo funcional. Al pasar al capítulo once, se presentan las pruebas realizadas en tres grandes rubros: movimiento, limpieza y conectividad con la aplicación móvil, con la finalidad de observar que su comportamiento es el esperado. El capítulo doce y trece muestra los resultados obtenidos durante la realización del trabajo y el trabajo a futuro necesario para las áreas de oportunidad encontradas durante el proceso de diseño. Finalmente el capítulo catorce muestra las conclusiones generadas a partir del desarrollo de este trabajo.



2. Objetivos.

Objetivo general.

Diseñar un dispositivo controlado por medio de una aplicación (App) móvil que se encargue de la limpieza de la pared externa del elevador del Centro de Ingeniería Avanzada de la Facultad de Ingeniería, a la cual el personal de limpieza no puede acceder.

Objetivos específicos.

- Identificar la problemática de limpieza dentro del edificio.
- Identificar las necesidades de limpieza del elevador del CIA.
- Generar un concepto a partir de las necesidades identificadas.
- Obtener un modelo funcional a partir del concepto seleccionado.
- Realizar las pruebas para validar la funcionalidad del modelo.



3. Marco teórico.

3.1 Centro de Ingeniería Avanzada (CIA) de la Facultad de Ingeniería UNAM.

El Centro de Ingeniería Avanzada integra unidades de investigación que forman parte de la Facultad, tales como el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica (CDMIT), y a la Unidad de Investigación y Asistencia Técnica en Materiales (UDIATEM), las cuales poseen “una amplia experiencia en proyectos vinculados con empresas” [1].

Con el propósito de fomentar el mejoramiento de la industria en el país, el CIA fue diseñado como un espacio que albergue “espacios flexibles para laboratorios, aulas para la docencia e investigación, salas multimedia y espacios de exhibición para productos y equipos de vanguardia tecnológica” [1]. Los 7,000 [m²] de este edificio cumplen sin duda con este propósito.

El objetivo de este edificio es el de “preparar ingenieros altamente capacitados en las ramas de ingeniería mecánica, industrial, mecatrónica y termofluidos utilizando sus conocimientos y habilidades para incrementar la productividad y la competitividad a través del diseño y la innovación en materiales, productos, sistemas y procesos que apoyen al desarrollo nacional.” [1].

3.1.1 Misión y visión del CIA.

- Misión: Formar, de manera integral, recursos humanos para el desarrollo tecnológico nacional mediante proyectos de investigación, desarrollo e innovación acorde con las necesidades de la sociedad que potencien los beneficios de la vinculación universidad-industria. [1]
- Visión: El CIA consolidará su posición como uno de los centros tecnológicos de vanguardia a nivel nacional en la formación de recursos humanos, desarrollo de proyectos de investigación, innovación y desarrollo, así como en docencia en las áreas de diseño, electrónica, manufactura, materiales y mecatrónica. [1]

3.1.2 Limpieza.

El edificio, debido a su arquitectura, posee algunas zonas de difícil acceso para el personal de limpieza. Entre estas zonas destacan: vigas de la fachada exterior e interior del edificio, tubos de las conexiones eléctricas, vigas de soporte dentro del edificio, así como parte de la fachada inferior de los pisos, entre otros (Fig. 3.1).



a



b



Figura 3.1 (a) Vigas de la parte exterior del edificio, (b) Vigas de la parte interior del CIA, (c) Tubos de las conexiones eléctricas, (d) Vigas de soporte, (e) Vigas de la parte inferior de los pisos.

La estructura es en su totalidad de color blanco; así pues, el polvo, lodo y suciedad se acumula en dichas zonas, generando una remarcada contaminación visual y probabilidades de algunas afecciones menores directas a la salud tales como alergias [2].

El difícil acceso para que el personal de limpieza realice sus labores en las áreas ya descritas, origina la necesidad de buscar una nueva manera de limpiar tales espacios. Una de esas zonas de difícil acceso en el edificio se encuentra en el elevador.

3.2 Elevadores y su limpieza.

Se decide enfocarse en el elevador principalmente por dos motivos: el primero tiene que ver con la ubicación de éste dentro del edificio y el área de oportunidad que esto representa para el diseño de un sistema que pueda atacar la problemática de aseo y el segundo es por el reto que resulta para el personal de intendencia limpiar la pared exterior utilizando las herramientas que actualmente tienen a su disposición. Se ahondará en los métodos actuales para la limpieza de elevadores.

3.2.1 Asistida.

Es aquella limpieza en la cual el personal de intendencia tiene a la mano una herramienta, como pueden ser paños, esponjas, mojadores, rascadores, etc.; adecuadamente dimensionados a la superficie a limpiar (generalmente cristal), así como barras extensibles y jaladores. La tarea es relativamente sencilla: el intendente se acerca al área que requiera atención y con la herramienta, limpia la zona sucia.

Siguiendo esta idea todo tipo de limpieza es asistida ya que una persona necesita de algún objeto para poder realizarla; sin embargo, el usar alguna extensión puede ser complicado e incómodo para la persona que realiza la limpieza, debido entre otras cosas a la ausencia de diseño para estas herramientas y a las limitaciones inherentes a la antropometría del encargado. Existen mejoras en los mangos y asas para un mejor agarre, pero no se le presta atención a la funcionalidad de, por ejemplo, las extensiones, las cuales suelen ser muy largas (generalmente 150 a 300 [cm] para los modelos estándar, que suelen doblar su longitud base) [3] y sin posibilidad de que este pueda, entre otras características, segmentarse, cualidad que podría facilitar la manipulación por parte del intendente sin tener que hacer esfuerzos físicos innecesarios debido a la altura de las fachadas o de la longitud de la propia herramienta.

En el caso de este trabajo, el cubo del elevador tiene unas dimensiones de 220 x 250 x 350 [cm] de sección por piso, lo cual implica la necesidad de una herramienta para efectuar la limpieza del elevador.



Figura 3.2 Ejemplo de limpieza con una herramienta de mano.

En el caso de la parte metálica de las paredes externas de elevadores, los aceros inoxidable y aluminios se suelen limpiar con bayoneta de microfibra y detergente neutro que no corra el material, evitando todo agente abrasivo que pueda rayarlos o cualquier producto con cierto nivel de acidez, que altere sus cualidades. Preferentemente, se utilizan detergentes y agua.

De igual manera, en cuanto a limpieza de elevadores, se hallan riesgos inherentes a la actividad como lo son:

- Caídas por resbalones y tropiezos.
- Golpes contra objetos y mobiliario.
- Proyecciones o salpicaduras en ojos.
- Cortes, pinchazos, heridas en manos.
- Sobreesfuerzos en la manipulación de equipos y medios de limpieza.
- Contactos eléctricos.
- Inhalación o ingestión de productos de limpieza.
- Contactos con sustancias o productos de limpieza cáusticos o corrosivos.

Para evitar los riesgos ya mencionados, se requiere de un dispositivo que le permita alcanzar al encargado de limpieza, nuevas distancias y alturas para facilitar su labor, tomando en cuenta por supuesto el riesgo que éste representa y las limitaciones físicas del trabajador.

Algunos ejemplos de lo anterior pueden ser clasificados en:

- Elevación temporal de personas (Fig. 3.3):
 - Elevadores eléctricos.
 - Elevadores neumáticos.
 - Elevadores manuales.
 - FIXEO[®] : Plataforma suspendida con mástiles.
 - Silla individual.
 - Cesta individual.
 - Andamios Colgantes.
 - Enganches.
- Elevador permanente para personas (Fig. 3.4):
 - Plataformas suspendidas permanentes.
 - Cestas individuales permanentes.
 - Estribos permanentes.

La elevación temporal de personas son dispositivos que se retiran fácilmente de las fachadas o las estructuras y pueden moverse a otras secciones según se requiera. Sin embargo, para la elevación permanente, se hace una instalación extra al edificio de una plataforma o un carro y no puede moverse a otra sección de la estructura. La elevación permanente tiende a ser instalada en lugares donde se necesita realizar mantenimiento regular en un mismo lugar.



Figura 3.3 Ejemplos de elevación temporal de personas.



Figura 3.4 Ejemplos de elevación permanente para personas.

3.2.2 Sistemas Automatizados.

Son aquellos sistemas cuya interacción con el supervisor se basa, entre otras cosas, en el encendido e instalación del mismo, y en algunos casos, la colocación del agente de limpieza que el dispositivo utilizará. Estos dispositivos sin embargo, están enfocados principalmente a la limpieza de pisos, ventanas e incluso albercas. Entre los sistemas automatizados se conocen principalmente a Windoro y Roomba, que respectivamente corresponden a la limpieza de ventanas y pisos.

Los dispositivos como los descritos anteriormente ya no son los únicos en el mercado, ya que compañías como LG® y Samsung® han sacado a la venta productos con funciones similares, todo esto a favor de un mercado más competitivo y que el cliente tenga a su disposición una gran variedad de opciones al momento de elegir una herramienta compacta de aseo en el hogar.

También se hallan dispositivos de gran tamaño para la limpieza de la fachada externa de grandes edificios, que abarcan diversas distancias y alturas. Como los ejemplos descritos para ayudar en la elevación del personal de limpieza, los dispositivos automatizados de gran tamaño para ventanas de edificios pueden ser clasificados en permanentes y temporales, siendo los primeros aquellos que alteran la fachada del edificio para su instalación, y los segundos son aquellos que se colocan según se vayan a utilizar y, cuando no, pueden ser guardados y de ésta manera reducir la contaminación visual de una estructura.

A pesar de la amplia variedad de dispositivos automatizados de limpieza en el mercado, aún no se puede hallar alguno que se especialice en la limpieza de las fachadas externas de elevadores.

3.3 Sistemas limpiadores.

3.3.1 Evolución.

El antecedente de los sistemas limpiadores viene de las herramientas de limpieza que usualmente se encuentran en el uso diario. A partir de la anterior afirmación, se tienen desde herramientas dotadas de mangos, asas, cepillos, plumas y partes de hule, simples aspiradoras, escobas eléctricas hasta limpiadores industriales e hidrolavadoras. En la tabla 3.1 se detallan sistemas de limpieza y las mejoras que han surgido a través de los años.

Tabla 3.1 Evolución de algunos sistemas de limpieza.

ANTES	AHORA
 <p><i>Escoba y recogedor</i> Con las cerdas de la escoba se empuja la basura hacia el recogedor para acumularla ahí.</p>	 <p><i>Escoba eléctrica</i> Con sus cepillos giratorios mueve la basura hacia un succionador para aspirarlos y mantener la basura en un contenedor.</p>
 <p><i>Sacudidor</i> Con las plumas o cerdas se retira el polvo de muebles y superficies al realizar movimientos horizontales o verticales.</p>	 <p><i>Aspiradora de mano</i> Mediante un actuador, succiona polvo y desperdicios al pasar la boca de la aspiradora por las superficies a limpiar (generalmente muebles).</p>



Aspiradora

Succiona polvo y desperdicios al pasar la boca de la aspiradora, utilizando diversos adaptadores según las superficies a limpiar.



Sistema de Limpieza Roomba®

Realiza la limpieza de manera automática jalando la basura con sus escobillas y la succiona, guardándola en un depósito.



Mop para piso

Se mojan las cerdas con un limpiador y éstas se pasan por el piso en un movimiento de zig-zag.



Hidrolimpiadores

Se expulsa agua a alta presión por una boquilla y ésta mueve la basura y limpia las superficies deseadas.



Limpiavidrios (jalador)

Se moja el vidrio con un limpiador y se retira con la goma del jalador con un movimiento de zig-zag.



Sistema de limpieza Windoro®

Se adhiere a las ventanas mediante un sistema de imanes y limpia con unos paños y un limpiador que se coloca en un depósito.

Los dispositivos de servicio o domésticos comienzan a aparecer a finales de los años 90 [4], aunque desde principios de los ochentas ya son clasificados como sistemas teleoperados, el cual el usuario manipulará de manera directa o mediante el uso de una interfaz de computadoras. En esos años, se esperaba que tuvieran una relación directa con el dueño de la casa, de manera que interactuará con las personas y pudiera recibir indicaciones de cómo, dónde y qué limpiar. La idea de dichos dispositivos es cuerpos robustos, variadas herramientas y una gran capacidad de procesamiento y retroalimentación con la persona que lo manipula. Sin embargo, esto se fue desechando debido a la poca tecnología del momento, y los precios que manejaban los robots en ese entonces [5]. Es por eso que a partir de las ideas desarrolladas hace 30 años, comienza el desarrollo de sistemas capaces de moverse por sí mismos, trazar trayectorias específicas y realizar limpieza profunda, todo esto con un tamaño compacto adecuado para la vida doméstica actual y con un costo menor y accesible para la gente que quiera adquirir uno. Los dispositivos domésticos se introducen en el mercado formalmente hacia mediados del año 2002, con Roomba y a partir de entonces comienza el desarrollo de dispositivos similares pero con capacidades mejoradas. Los sistemas limpiadores, tienden a enfocarse en ser aspiradoras automáticas o autónomas o trapeadoras. Los que son a gran escala se han descrito anteriormente y su labor principal es dirigida especialmente a la limpieza de cristales de edificios de más de tres pisos y cuyos cristales son más altos que una persona, rebasando los 250 [cm].

3.3.2 Características técnicas.

En general, los sistemas de limpieza domésticos son compactos, capaces de moverse a través del suelo de las casas o las ventanas de las mismas, si se trata de limpieza doméstica. En el caso de los dispositivos para edificios, el tamaño es proporcional a estas grandes estructuras. Algunos ejemplos de estos dispositivos con sus respectivas características son:

Windoro.

Empresa: Windoro Robots.

Windoro consta de dos partes que se unen a través del cristal mediante un sistema de imanes de neodimio. Un juego de paños giratorios a alta velocidad y detergente limpiacristales forman el resto del sistema, que en conjunto, realiza la labor de limpieza.



Figura 3.5 Sistema guía y seguidor de Windoro.

El funcionamiento consta de 4 paños giratorios limpiadores que se acoplan magnéticamente al módulo de control del Windoro. Su control de posición le permite ubicarse dentro de una ventana (continua con forma preferentemente regular), crear un marco de referencia y a partir de ello comenzar con la limpieza en forma de zig zag. Su colocación sobre la ventana es manual, así como el llenado de detergente en el contenedor del Windoro.

Características técnicas:

- Velocidad de movimiento: 8 [cm] por [s].
- Voltaje: menos de 25 [V].
- Adaptador: Entrada AC 110/220 [V], Salida 15 [V] DC, 1.5 [A].
- Batería: Li-ion.
- Especificaciones de la batería (Interior): 11.1 [V], 2200 [mAh].
- Especificaciones de la batería (Exterior): 7.4 [V], 2200 [mAh].
- Tiempo de carga: Aproximadamente 150 [min].
- Tiempo de ejecución: Aproximadamente 120 [min].
- Mando a distancia: sistema de recepción IR.
- Modo de limpieza: Movimiento en Zig-zag.
- Nivel de ruido: menos de 60 [dB].
- Grosor de la ventana: 16-28 [mm]. Adaptable a 5-16 [mm].

Dimensiones:

- Unidad interior: 21.8 x 21.1 x 51 [cm].
- Unidad exterior: 21.0 x 20.8 x 4.7 [cm].
- Peso: 3.2 [Kg].
- Unidad interior: 1.8 [Kg].
- Unidad exterior: 1.4 [Kg].

Roomba.

Empresa: iRobot.

Este dispositivo de limpieza se encarga de aspirar pisos mediante un sistema de evasión de obstáculos y reconocimiento del trayecto conocido, es decir, no vuelve a recorrer el mismo camino otra vez.



Figura 3.6 Ejemplo de la estructura del robot aspirador Roomba.

El sistema funciona de la siguiente manera:

El dispositivo se mueve alrededor del área a limpiar, y con ayuda del sistema iAdapt™ evita los obstáculos que se le presenten durante el trayecto. El movimiento no tiene una trayectoria fija y se basa en los obstáculos que vaya encontrando alrededor de la habitación. Para evitar que vaya a zonas que no se tenían previstas, tiene un sistema generador de “paredes virtuales” que delimita el área de trabajo, sin preocuparse por que el sistema se pierda o sufra algún percance. Una vez terminada la labor, el mismo sistema Roomba regresa a su base, donde recargará su batería. De igual manera, posee un control remoto que permite al usuario decidir si se quiere limpiar un cuarto entero o bien un lugar en específico. Una vez terminada la labor y ya que regresó a su punto de origen, Roomba puede ser limpiado con facilidad usando una tela de microfibra y se puede vaciar el recipiente que junta el polvo quitándolo del dispositivo sin grandes complicaciones.

Características técnicas:

- Dimensiones: 35.3 [cm] de diámetro x 9.14 [cm] de altura.
- Peso: 3.8 [Kg].
- Batería se recarga en 16 [hr].
- Control independiente que utiliza 2 pilas AA.
- Sistema de limpieza AeroForce™: combina tecnologías de succión al vacío y extracción de escombros para mejor limpieza.
- Tecnología de respuesta de limpieza iAdapt™: es un sistema de software que permite, según los obstáculos que encuentre, tomar decisiones respecto a la trayectoria que va a tomar.
- Tecnología Dirt Detect™: compuesta por sensores ópticos y acústicos para la localización de partículas de suciedad.
- Uso de Virtual Wall Lighthouses™ que delimita el área dónde trabajará.
- Depósito AeroVac Bin2: contenedores con un sistema de succión por vacío para remover escombros y pelo.
- Filtros Duales HEPA: Que gracias a su estructura, permite capturar partículas de hasta 3 micras.
- Regresa a su base a recargar sus baterías.
- Interfaz de pantalla táctil.

Navibot de SAMSUNG SR8855.

Empresa: Samsung.

Es un aparato circular que circula por todo un espacio de trabajo de manera automática, limpiando el piso mientras se mueve. Tiene incorporados cepillos cilíndricos convencionales, así como cepillos para retirar el polvo acumulado en las esquinas. Utiliza una combinación de sensores y cámaras para mapear la habitación y trazar una ruta que sea la más eficiente para realizar el trabajo.



Figura 3.7 Sistema Navibot con sus elementos de delimitación de área.

Por su tamaño es difícil que pueda limpiar por debajo de sillones o sillas, pero para poder retirar la mayor suciedad posible utiliza los cepillos que se muestran en la figura 3.8. Si bien resulta una limitante no poderse mover con la mayor libertad posible, la ventaja de poseer este sistema de cepillado, permite que la labor de limpieza alcance aquellos lugares en los que la estructura principal se encuentra imposibilitado para actuar.



Figura 3.8 Sistema de cepillado para zonas de difícil acceso.

Los residuos que el dispositivo recoge durante la limpieza se acumulan en un depósito de donde se pueden aspirar fácilmente o el contenedor se puede retirar y así desechar todo el polvo.

Este dispositivo es comparado con Roomba ya que son muy similares, sin embargo colocando los dos dispositivos en una misma habitación se ha visto que Navibot® es mucho más eficiente en cuanto a la trayectoria que realiza.

El sistema funciona de la siguiente manera:

El aparato se encuentra inicialmente en su base y activa mediante un control remoto, éste sale de la base y comienza a avanzar con una trayectoria zigzagueante, en caso de toparse con algún mueble u objeto que le impida el paso se detendrá y girará para moverse por otro camino pero seguirá cerca del objeto para limpiar en esos lugares. En caso de que el dispositivo encuentre suciedad girará varias veces, no sobre su eje sino en un círculo más amplio, para poder cubrir el área. Si el dispositivo tiene su depósito lleno, éste irá hacia su base donde puede vaciarse automáticamente y luego regresar a dónde se quedó para seguir su recorrido. Cuando termina la habitación, regresa a su base y se apaga.

Características técnicas:

- Filtro HEPA 11 que atrapa partículas de polvo y suciedad de hasta 3 micras.
- Capacidad de depósito de 600 [ml], donde se almacenan las partículas de suciedad que vaya recogiendo.
- Tiempo de carga: 2 [hr].
- Cepillo rotatorio.
- Control táctil.
- Detector de obstáculos.
- Display LED para la interacción con el usuario.
- Ruido: 63 [dB].
- Peso: 3.7 [Kg].
- Dimensiones 35.5 x 9.3 [cm].

Hom-Bot Square de LG.

Empresa: LG.

Este es un dispositivo para limpieza de pisos autónomo similar a los anteriores, pero la diferencia radica en que su diseño es más cuadrado, esto para limpiar de mejor manera los rincones de una habitación y utiliza cepillos laterales para realizar su labor.



Figura 3.9 Hom-Bot de LG.

Cuenta con una cámara superior, que mapea el techo para calcular el espacio a limpiar, además de cámaras inferiores y múltiples sensores, tanto ultrasónicos como infrarrojos, que le ayudan a no chocar con paredes y muebles, así como poder realizar la limpieza de un cuarto en la oscuridad.

Además el dispositivo es programable sobre la frecuencia que el aparato limpiará las habitaciones, incluso si uno no está presente e incluso tiene una función de aprendizaje de obstáculos.

El sistema funciona de la siguiente manera:

El dispositivo se encuentra en su base, se activa mediante un control remoto y comienza con un recorrido en zigzag. Si su batería se encuentra baja, mientras está realizando su labor, regresará a su base a cargar su batería y cuando se encuentre llena irá al punto donde se quedó. Además se le puede agregar un trapo para que además de remover los desechos pueda ir trapeando. A este aparato se le puede programar con el control remoto para que realice la limpieza en determinado tiempo o con cierta frecuencia deseada. Este aparato, a diferencia de los demás, tiene distintos niveles de limpieza según la cantidad de suciedad del piso o de la alfombra.

Características técnicas:

- Ruido menor a 60 [dB].
- Capacidad de depósito de 600 [ml] para almacenar los residuos y polvo.
- Filtro HEPA 11.
- Uso de baterías de Litio.
- Tiempo de limpieza de 3 [hr].
- Tamaño 34 x 34 x 8.9 [cm].
- Parachoques digital.

3.3.3 Ambiente.

Si tomamos como ejemplo los dispositivos mencionados en el subcapítulo anterior, generalmente son para uso doméstico, lo que significa que realizan sus actividades en lugares cerrados, pero con muchos obstáculos, que suponen los muebles, escaleras y demás utensilios que todo hogar posee. El ambiente es de las grandes diferencias que competen a este trabajo en comparación a los robots de limpieza que se desarrollan actualmente, ya que la fachada de un elevador es muy diferente en cuanto a desplazamiento y el lugar donde esto ocurre, además de los agregados a la estructura que funcionan como obstáculos.

Haciendo una pequeña semblanza con los sistemas de limpieza actuales y la problemática del edificio, podemos observar una tabla de pros y contras como la que se tiene a continuación:

Tabla 3.2 Pros y contras de los sistemas de limpieza existentes.

SISTEMA	PROS	CONTRAS
Sistema de limpieza Roomba®	Las herramientas de limpieza como cepillos, discos giratorios y filtros realizarían la limpieza a profundidad de la mayoría de las partículas nocivas del edificio.	A pesar de poder hacer un buen trabajo en los pisos del edificio, no podría encargarse de las vigas de las paredes o de la parte inferior de los pisos. En el caso del elevador, la trayectoria que requiere es vertical, por lo que este sistema se ve imposibilitado.
Sistema de limpieza Windoro®	Su trayectoria programable y sistema de sujeción por imanes hace más sencilla la limpieza de cristales.	Por su configuración a favor de recibir más luz natural, el edificio posee gran cantidad de ventanas, por lo que tendrían que adquirirse gran número de sistemas como este. Así mismo, no podrían limpiarse los vidrios del elevador a causa de la configuración del sistema de sujeción.

Sistema de limpieza NaviBot de Samsung®	La programación de este sistema hace que su trayectoria se mantenga fija en una zona específica hasta que la suciedad haya desaparecido por completo.	Depende totalmente de sus elementos que delimitan el área para fijarse un trayecto específico.
Sistema de limpieza Hombot de LG®	El sistema puede ser programado dependiendo del grado de suciedad presente en la habitación. Además de un mapeo del techo para conocer la superficie a limpiar.	Está limitado únicamente a la limpieza de los pisos.

3.3.4 Tecnologías de limpieza.

Los robots que son aspiradores tienen el filtro HEPA, el cual puede retirar la mayoría de partículas que causan daño al ser humano, incluyendo las esporas de moho, el polvo, los ácaros del polvo, la caspa de mascotas y otros elementos irritantes del aire. Junto con otros métodos para reducir los alérgenos, como sacudir el polvo con frecuencia, el uso del sistema de filtro HEPA suele ser una ayuda útil para el control de la cantidad de partículas perjudiciales circulantes en el aire. Los filtros HEPA pueden hallarse en la mayoría de los purificadores de aire, que por lo general son pequeños y portátiles. El uso de un filtro semejante para los sistemas que pudieran solucionar la problemática del edificio podría ser de gran utilidad, sobre todo después de observar la acumulación de partículas en las áreas de difícil acceso del CIA.

Estos filtros tienen una capacidad de retención mínima del 99.97 [%] en partículas de 0.3 [µm], por lo que son utilizados en hospitales, áreas estériles, laboratorios farmacéuticos, sistemas de ventilación y de seguridad nuclear, industria de alimentos y micro electrónicos [6].

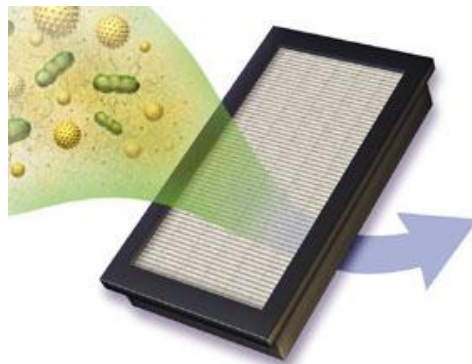


Figura 3.10 Filtro HEPA y su sistema de control de partículas perjudiciales.

En éstos mismos tipos de robots, específicamente en el dispositivo llamado Roomba, podemos ver el sistema AeroForce™ que utiliza dos rodillos de goma y sin escobillas que giran en diferentes sentidos para agarrar y romper la suciedad o residuos que se encuentran en el piso y que, con ayuda de un motor de alta potencia y de un conducto cerrado para poder concentrar el flujo de aire, son succionados.



Figura 3.11 Sistema AeroForce™ utilizado por Roomba.

Sin embargo, en los otros robots se utilizan escobillas o paños para poder limpiar la superficie que les corresponda, mientras que los residuos también son aspirados y concentrados en un contenedor o pasan a los filtros HEPA que ya vimos anteriormente.

Mientras que para la limpieza de los cristales que se encuentran en algunos elevadores, existe un sistema especializado conocido como Agua Pura®; el servicio de algunas compañías que utilizan esta herramienta, ofrecen un método especializado en limpieza de fachadas con cristales, partes metálicas, paneles, rótulos, PVC y similares en altura; por lo que es posible utilizarlo en la limpieza del elevador.

El sistema Agua Pura® presenta las siguientes características:

- Limpieza hasta 20 [m] de altura y trabajando desde el suelo.
- No requiere de uso de plataformas o elevadores.
- Sin riesgos a los trabajadores, ya que se trabaja desde el suelo.
- No daña las superficies ni infraestructuras.
- Puede limpiar zonas de difícil acceso.
- Evita el uso de agentes químicos.

El intendente acompaña este baño con un cepillado para ayudar a poner en solución todas las partículas adosadas a la superficie, bien sean de grasa, jabón de lavados anteriores, polvo, tierra, cal, etc.

El agua pura va absorbiendo todas estas impurezas y cayendo al suelo, dejando el cristal limpio y permite limpiar marcos, rendijas, etc. y dejar secar al aire sin presencia de marcas, puesto que las pequeñas gotas que quedan después del cepillado son exclusivamente de agua químicamente pura. El secado natural de este sistema ofrece mejores resultados en comparación a la limpieza con jabón, dura más tiempo y se observa cierta uniformidad en el limpia.

3.4 Aplicación Móvil.

Una aplicación móvil (o app) es software diseñado para funcionar en teléfonos inteligentes, tablets y otros dispositivos móviles. Las apps están disponibles a través de plataformas de distribución de aplicaciones, que son usualmente operadas por el propietario del sistema operativo para dispositivos móviles, como la App Store de Apple®, Google Play®, Windows Phone Store® y BlackBerry App World®.

Por lo general, se descargan desde la plataforma a un dispositivo de destino, como un iPhone, BlackBerry®, teléfonos Android® o Nokia® (cuyo sistema operativo es Windows Phone®), y en ocasiones pueden ser descargados a las computadoras personales. Las aplicaciones con precio destinan un porcentaje entre el 20 y el 30% al proveedor de distribución (como iTunes®) y el resto se destina a la producción de la aplicación.

El término "app" se ha hecho popular en los últimos años¹, a tal grado que en 2010 fue catalogado como "Palabra del Año" por la *American Dialect Society* [7]. En 2009, el columnista David Pogue² comentó que "los nuevos teléfonos inteligentes podrían ser apodados 'teléfonos app' " esto para distinguirlos de los anteriores modelos.

El propósito inicial de las aplicaciones móviles se basaba principalmente en permitir la organización de información almacenada en los dispositivos y poder recuperar datos o mandarlos para mantenerse en todo momento comunicados (correo electrónico, calendario, contactos, el mercado de valores, la información meteorológica, etc.).

Sin embargo, la demanda pública y la disponibilidad de herramientas de desarrollo llevaron a una rápida expansión en otras categorías, como juegos, automatización de fábricas, servicios basados en la localización, los movimientos bancarios, seguimiento de pedidos, y la compra de boletos para eventos de entretenimiento. La explosión en el número y la variedad de aplicaciones de descubrimiento hizo un reto, que a su vez condujo a la creación de una amplia gama de fuentes de revisión, recomendación y curación, incluyendo blogs, revistas y servicios en línea dedicados a los desarrollos de las aplicaciones.

La popularidad de las aplicaciones móviles ha ido en aumento, ya que su uso es cada vez más frecuente a través de los usuarios de teléfonos móviles.

¹ Ben Zimmer, director del Comité de Nuevas Palabras de la American Dialect Society mencionó que: "de 2009 a 2010 la gente hablaba sobre 'Apps para esto' y 'Apps para eso otro' sin medida, además de que es una palabra que ha traspasado brechas generacionales y forma parte de una industria de millones de dólares".

² Pogue, David. Columnista de *Yahoo Tech* y periodista del *New York Times* por más de 13 años, es un escritor de tecnología y presentador de televisión. Es un experto relacionado con la tecnología actual en computadoras, sistemas portátiles, las redes sociales y es autor de varios libros de computadoras y tutoriales para gente que no se está familiarizada con la tecnología.

En nuestro país, la consolidación de las plataformas de comunicaciones y el acceso a tecnología móvil con más capacidades y de menor costo, ha permitido el desarrollo de un gran número de aplicaciones para prácticamente cualquier uso. Con tal base, las organizaciones se han dedicado a ofrecer a sus clientes, servicios sobre una gran variedad de alternativas, dentro de las cuales podemos encontrar las siguientes:

- Inteligencia de negocios, en donde es posible consultar indicadores del desempeño financiero y operativo de una organización.
- Financiero, en donde se realizan transacciones electrónicas como consulta y transferencia de fondos, o bien, comprar acciones de la empresa de nuestra preferencia.
- Entretenimiento, en donde a través de las preferencias del usuario es posible sugerir a un cliente diversas alternativas como lo son restaurantes, cines, teatros, boletos de juegos, localización de lugares, taxis, entre otros.
- Didácticos, como nuevas maneras de controlar algunos dispositivos como lámparas inteligentes, drones (ya sea para vigilancia, para entregar algún paquete, para grabar algún evento, etc.), modificar efectos visuales durante un evento en vivo (como un concierto), etc.
- Servicios de asistencia a los clientes, en donde pueden solicitar servicios a través de las capacidades de geo localización del dispositivo móvil o el reportar un siniestro a la aseguradora con la que tenemos contrato.

La aplicación con fines didácticos es la que será de utilidad para este proyecto, ya que se plantea el manejar o controlar el dispositivo con ella.

3.4.1 Tecnologías existentes.

Dado que es posible desarrollar gran cantidad de aplicaciones, los fabricantes han tomado decisiones en donde las empresas tienen la difícil tarea de elegir qué camino deben seguir o más específico, ¿qué plataforma usar para una nueva aplicación? Esto lleva a establecer criterios como la penetración y popularidad de la plataforma, el tipo de aplicación a desarrollar y elementos propios de un desarrollo móvil como lo son la usabilidad, seguridad y portabilidad.

Hoy podemos ver un sinnúmero de empresas que compiten por mantener el mayor margen de participación de mercado, sin embargo los más representativos son los siguientes:

- Apple® (con sus dispositivos IPod®, iPhone® y IPad®) y su plataforma propietaria iOS® además de la tienda Apple Store® en donde, al menos en 2014 se pueden localizar poco más de un 1,6 millones de aplicaciones de todo tipo (de oficina, localización, juegos, reproducción de música, etc.) [8] siendo casi la mitad de estas para su tableta.
- Google® con su plataforma Android®, que en los últimos años ha crecido de una manera muy sólida, mejorando las capacidades de su entorno de desarrollo, además de llevar a cabo acuerdos comerciales con diversos fabricantes como Samsung® y Sony®. La importancia de estos acuerdos radica en que los dispositivos móviles de estas compañías tienen precargados el sistema operativo de Google y está diseñado para recibir las actualizaciones de este en el momento en que estén disponibles, incrementando el número de dispositivos que utilizan ese sistema operativo.

- Microsoft® con Windows Phone®, como la evolución de Mobile®, que ha venido consolidándose a través de acuerdos con diversos fabricantes como Nokia®. Una ventaja de su plataforma, es la integración nativa del ambiente Office®, Xbox® y Explorer®; eso además de la integración con el Marketplace® en donde es posible acceder a un gran número de aplicaciones de entretenimiento como música y videos.
- RIM® (Research in Motion) con Blackberry® que si bien ha venido perdiendo una participación de mercado muy importante en Estados Unidos y Europa, en países como México y Latinoamérica aún conserva una base instalada de equipos muy grande que le permite seguir compitiendo activamente.

Como puede verse, la diversidad de alternativas ha dificultado la decisión para elegir el camino a seguir, esto en términos de la portabilidad y el costo de desarrollo de una aplicación móvil. Por ésta razón, en los últimos años han emergido compañías que han desarrollado tecnologías multiplataforma (como Adobe® entre otras) que pueden ejecutarse de manera casi nativa dentro del hardware del fabricante. Aún hay mucho camino por recorrer en ésta línea, sin embargo los clientes y desarrolladores ya cuentan con opciones dependiendo de la necesidad y de la inversión en tiempo y económica, que se desee hacer.

Algunas de las características que se deben contemplar al desarrollar una aplicación móvil son:

- **Usabilidad.** Es fundamental proveer a los usuarios experiencias que los inviten a resolver de una manera intuitiva y agradable su necesidad. Criterios como performance, recuperación de equivocaciones en el uso y de rápido aprendizaje son esenciales.
- **Seguridad.** Cumplimiento de estándares de industria como la autenticación, encriptación y seguridad de la información sin importar eventos como la pérdida del dispositivo.
- **Integración a redes sociales.** En donde a través del ejercicio de compartir experiencias e información en comunidades se logra un medio de comunicación con un propósito específico.
- **Integración con infraestructura de “Cloud Computing”.** Es sin duda una necesidad el aprovechar la disponibilidad y escalabilidad de las diversas plataformas. Existen en el mercado diversas empresas que proveen mecanismos de almacenamiento con costos de propiedad realmente bajos.
- **Aprovechar al máximo las capacidades del dispositivo móvil.** Cada uno de los fabricantes provee mecanismos de seguridad, de geo localización, de multimedia, entre otros. [9]

De acuerdo con la empresa Competitive Intelligence Unit: “Android es el sistema operativo más utilizado en nuestro país con un 36.5% de preferencia por el consumidor mexicano. A este resultado se llegó después de determinar que prácticamente 4 de cada de 10 equipos tienen instalado el OS de Google” [10]. De igual manera, la empresa observa que, al menos a finales del año 2013, las preferencias de sistemas operativos móviles se acomodaban de acuerdo a la siguiente gráfica y tabla (Fig. 3.13 y tabla 3.3):

Tabla 3.3 Preferencia de sistemas operativos móviles en México (finales de 2013).

Sistema Operativo	%
Android®	36.5
Blackberry®	26.9
Apple iOS®	14
Windows Phone®	11
Otros	11.6

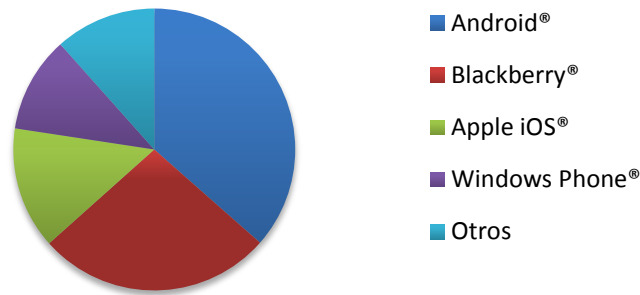


Figura 3.12 Distribución de preferencia de aplicaciones Móviles en México [10].

3.4.2 Relacionada con la limpieza.

Existen apps que permiten la conexión con otros dispositivos externos de tal manera que realicen una acción independiente a la del propio dispositivo móvil, pero a pesar de tener varios dispositivos para la limpieza son contados los que utilizan una aplicación para controlarlos.

La aspiradora Cocorobo® de Sharp® [29][30] es un dispositivo circular que tiene una aplicación para iOS® y para Android®. La aplicación permite controlar el dispositivo como si fuera un control remoto, realizar un mapeo de la habitación a limpiar colocando las medidas aproximadas y los muebles que hay para que el aparato pueda crear su trayectoria al asear el cuarto, tiene una cámara que toma fotos y video y los envía al dispositivo móvil, esto para poder observar la casa mientras uno se encuentra fuera, y se puede ver el estatus del dispositivo.



Figura 3.13 Cocorobo® y su aplicación.

Samsung también anunció una aplicación para sus dispositivos, más específico para Samsung Smart Tango Corner Cleaner®, para poder controlar el aparato a distancia y poder observar la limpieza gracias a sus cámaras en tiempo real. Este dispositivo fue presentado en la International CES de 2013 [11][12].

También se encontró una aspiradora como las ya mencionadas llamada Neato VX-21 [31] donde una persona ajena a la empresa de dicho dispositivo desarrolló una aplicación para utilizarla como un control remoto. Sin embargo, la aplicación no se conecta al aparato por medio de Bluetooth® o WiFi, sino que lo hace por medio de cables lo que hace que se tenga que ir junto al aparato mientras limpia y eso hace que pierda su autonomía.



4. Necesidades.

Para el desarrollo del presente trabajo, se investigaron sobre distintas metodologías de diseño. Desde Ulrich y Eppinger en su libro *“Diseño y desarrollo de productos”* [13], trabajos realizados en la facultad [14], entre otros textos, cuyos pasos para desarrollar un proyecto se presentan en la tabla 4.1:

Tabla 4.1 Comparativa entre metodologías de diseño.

Metodología de diseño de Ulrich (Diseño y desarrollo de productos) [13]	Innovación de productos (Reivich, Borja) [14]	Metodología de diseño mecánico (Ulises Peñuelas) [15]	Metodología para la innovación de IDEO [16]	Metodología de diseño de “Diseño de Producto” (Paul Rodgers et. Al.) [17]
<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de las necesidades • Especificaciones • Generación de concepto • Selección de concepto • Pruebas de concepto • Arquitectura del producto • Creación de prototipo 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de la necesidad • Especificación de producto • Diseño conceptual • Ingeniería de detalle • Prototipos y escalamiento • Producción • Comercialización 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de la necesidad • Diseño conceptual • Configuración • Diseño de detalle 	<ul style="list-style-type: none"> • Observación • Lluvia de ideas • Prototipos rápidos • Refinamiento • Implementación 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación • Identificación de las necesidades • Especificación de diseño • Generación de Concepto • Selección de concepto • Diseño de detalle • Maquetas • Prototipos

Sin embargo, se observa cierta similitud entre las metodologías investigadas, empezando por la observación y búsqueda de información, hasta la generación de conceptos, detalle y construcción de prototipos. Al final se toma lo mejor de cada una para adaptarse a la problemática, incluyendo el desarrollo del proyecto, la recopilación de información, el tiempo planteado y la oportunidad de mejorar el diseño cuando sea necesario, por medio de un consenso realizado por el “equipo de diseño”, el cual está conformado por los autores del presente trabajo.

Habiendo hecho esto, la metodología a seguir consiste en los pasos que pueden hallarse en la tabla 4.2 y serán las etapas a desarrollar posteriormente en el trabajo.

4.2 Metodología de diseño propuesta.

Pasos a seguir de la metodología propuesta
1. Identificación de necesidades
2. Especificaciones
3. Sistematización
4. Generación de concepto
5. Configuración
6. Diseño de detalle
7. Modelos
8. Pruebas

4.1 Identificación de las necesidades.

El primer paso a desarrollar es la identificación de las necesidades del proyecto. A partir de este punto, aparece la figura del cliente el cual se define como una persona que utiliza con asiduidad los servicios de un profesional o empresa [18] y que puede llegar o no a ser un usuario, quien es el que hace uso del servicio adquirido [19]. El cliente es esencial para conocer las necesidades del problema a plantear.

El cliente permitió el acceso al CIA de la Facultad de Ingeniería para poder dar a conocer la problemática, sus deseos y algunas restricciones que deberán ser tomadas en cuenta durante el proceso de diseño, todo esto a través de una entrevista que estuvo conformada por un recorrido a fondo y una dinámica de preguntas y respuestas. De igual manera, durante el proceso de diseño, se tomó en cuenta la opinión de personal de limpieza y encargados que estaban al tanto del proyecto y estaban interesados en saber sobre su desarrollo. No hay que olvidar que las necesidades se basan en lo que el dispositivo tiene que hacer y no en el cómo [13].

De la entrevista que se tuvo, el cliente mencionó que el principal problema del CIA es la limpieza de algunas zonas del edificio como: vidrios, vigas, pisos, tubos, lámparas, elevador, domos, etc. También se mencionó que para poder arreglar ese aspecto se podía diseñar una herramienta, un dispositivo automatizado, robotizado o de cualquier tipo, sin embargo éste aparato debe ser de fácil uso ya que los usuarios serían personal de intendencia y no se les podría proporcionar una capacitación. El cliente también comentó algunas restricciones a considerar, como: el aparato no debe interrumpir las labores de la gente que labora en el edificio, el aparato puede trabajar en la noche si así se desea, no se pueden hacer modificaciones al edificio, no se debe dañar la pintura y en caso de utilizar un limpiador cuidar que no sea tóxico o que tenga un olor desagradable.

Después de la entrevista el equipo de diseño consideró que limpiar los pisos, vidrios y domos se podría realizar con algún dispositivo que se encuentra actualmente en el mercado, sin embargo para limpiar el elevador una persona es asistida de manera directa con alguna herramienta o equipo para poder realizar ésta actividad (como se detalló en el capítulo 3) y, por lo general, conlleva altos riesgos; por lo que se resolvió diseñar un dispositivo para poder limpiar esa parte del edificio.

Teniendo claro la parte del edificio a limpiar y de lo hablado en la entrevista con el cliente se identifican las siguientes necesidades para el dispositivo de limpieza para la pared externa del elevador del CIA:

1. Limpiar las superficies y/o elementos de la pared del elevador del CIA.
2. Mantenerse sujeto a la superficie en la cual trabajará.
3. Evitar alterar las labores que se hagan dentro del edificio.
4. Llegar a lugares difíciles o inaccesibles.
5. Ser fácil de manipular.
6. Conservar el cubo del elevador intacto (evitando modificaciones y anexos, así como la pintura).
7. Poder ser utilizado por un empleado de intendencia.

De acuerdo a las necesidades listadas anteriormente y a un análisis realizado por el equipo de diseño para interpretar los deseos del cliente, sobre los alcances, el tiempo de desarrollo y el enfoque del proyecto aparecen un conjunto de necesidades latentes ya que, son parte del proyecto pero por alguna razón no se externaron en las entrevistas y reuniones previas, pero pueden deducirse a partir de la primera lista, por lo que se nota una estrecha relación entre ambas. Las necesidades latentes encontradas son:

1. Que exista una relación costo/beneficio para que sea más factible el uso del dispositivo a diseñar que el de elevar a una persona de intendencia.
2. Sea llamativo pero evitando ruidos para no alterar o distraer el trabajo de las personas que se encuentren en el edificio.
3. Que su colocación o montaje sea sencillo para que no se requiera el uso de herramientas complementarias.
4. Que su uso no requiera de capacitación previa y así cualquier persona pueda utilizarlo según sea necesario.
5. No se realice ninguna instalación en la estructura.

6. Que cumpla con la labor de limpieza, en su totalidad, de cada geometría encontrada en la cara del elevador.
7. Ayude al empleado de intendencia en su labor de limpiar la pared del elevador sin poner en riesgo su vida o integridad física.

Una vez identificadas las necesidades, se requieren clasificar de alguna manera, ya que por sí mismas no podrían proporcionarnos la información suficiente.

4.2 Jerarquización.

Las necesidades por sí mismas requieren de una lista jerárquica en la que se identifiquen necesidades primarias y secundarias que se caracterizan por que las primeras son las más generales y las segundas expresan más detalles respecto a las necesidades [17]. Las jerarquizaciones se identifican por dos listas: La primera, generada en consenso del equipo de diseño, como se muestra a continuación en una lista de 6 puntos:

Necesidades jerarquizadas (por consenso del equipo de diseño):

1. Limpiar las superficies y/o elementos del cubo del elevador del CIA, ya que la limpieza es la problemática principal, además de que con esto, se reduce el polvo y agentes contaminantes que pueden afectar a la salud de la gente que se encuentre en el edificio.
2. Mantener la integridad del edificio y conserve la pintura intacta, ya que es un punto al que, durante la entrevista con el cliente, se le hizo mucho hincapié.
3. Ser fácil de usar y pueda ser manipulado por un empleado de intendencia, con una capacitación mínima y que inclusive cualquier persona pueda utilizarlo.
4. Llegar a lugares difíciles o inaccesibles para que una persona no realice esa actividad que puede provocar alguna lesión.
5. Evitar alterar las labores que se hagan dentro del edificio, ya que si lo fuera el dispositivo no podría ser usado durante el horario de trabajo de los intendentes.
6. Realizar las labores de limpieza de manera eficiente, manteniéndose sujeto a la superficie en la cual trabajará y así evitar accidentes y modificaciones al elevador.

Como se puede observar, del número uno al tres se identifican las necesidades primarias, ya que toma en cuenta elementos como la pared del elevador y el uso en general. Las siguientes tres se centran más en detallar el uso, haciendo énfasis en el entorno, en describir mejor el cubo del elevador, entre otros.

La segunda lista, es la que concentra la importancia que le da el cliente a las necesidades. La jerarquización por importancia relativa “se puede apoyar en el equipo de diseño con base en su experiencia con los clientes” [13], o bien, se podrían requerir de encuestas y entrevistas constantes con el cliente. Aunque pudieran existir diferencias al momento de generar la lista y numerarla, se prefiere hacer lo primero por cuestiones de tiempo y disponibilidad del cliente.

Necesidades jerarquizadas (por importancia relativa):

1. Limpiar las superficies y/o elementos del cubo del elevador del CIA. Ésta necesidad nuevamente se encuentra en el inicio de la lista por ser la problemática principal, además del factor sobre la salud que fue descrito en la lista anterior.
2. Llegar a lugares difíciles o inaccesibles. Esto se encuentra en segundo lugar, ya que el hecho de que se pueda limpiar en zonas de difícil acceso hace que la limpieza sea mejor, por lo que está ligado al punto anterior y sobre todo, evita la aparición de riesgos humanos innecesarios.
3. Mantener la integridad del edificio y conserve la pintura intacta. Después de la limpieza, el hecho de mantener íntegramente el elevador fue un aspecto que se recalcó en la entrevista.
4. Realizar las labores de limpieza de manera eficiente, manteniéndose sujeto a la superficie en la cual trabajará, esto ligado a las necesidades anteriores.
5. Ser fácil de usar y pueda ser manipulado por un empleado de intendencia, con una capacitación mínima. Después de la limpieza y la integridad del elevador, se considera que ésta necesidad es la siguiente ya que su facilidad de uso es importante para que cualquier persona pueda utilizar el dispositivo si así se desea.
6. Evitar alterar las labores que se hagan dentro del edificio. Ésta se considera al último ya que en caso de ser molesto para los trabajadores se puede considerar el activar el dispositivo durante la noche.

El realizar una jerarquización ayuda a tener en cuenta las necesidades a las que se les debe dar prioridad en el momento de buscar soluciones. En el caso de este proyecto, se observa que, en la jerarquización por importancia relativa, el que el cubo quede limpio e intacto es de los factores más relevantes a considerar durante el proceso de diseño por el impacto que el polvo y la suciedad pueden causar a la salud, así como la contaminación visual que genera en los visitantes y trabajadores del CIA.

Los enunciados que conforman las necesidades requieren de valores concretos para poder manejarlos, es por eso que el siguiente paso consiste en cuantificar tales valores.



5. Especificaciones.

Las especificaciones contienen información que establece con exactitud los requisitos de un sistema, lo que se espera del dispositivo y define el trabajo enumerando todas las condiciones que debe cumplir [17]. Las especificaciones surgen a partir de las necesidades y vienen acompañadas de una métrica y un valor.

En el proceso de diseño, el utilizar únicamente las necesidades como base, da pauta a interpretaciones subjetivas, mientras que las especificaciones realizan una descripción a detalle de “lo que el producto tiene que ser” [13].

5.1 Generación de especificaciones objetivo.

Una vez identificadas las necesidades del cliente, se pueden establecer las especificaciones objetivo, las cuales son especificaciones preliminares que se modifican hasta convertirlas en las especificaciones finales del sistema.

La generación de las especificaciones objetivo comprende en primer lugar de la elaboración de una lista de métricas, las cuales “reflejan el grado al cual el producto satisface las necesidades del cliente” [13]. La tabla 5.1 detalla las especificaciones y su respectiva métrica, así como la relación con las necesidades, esencial para todo el concepto de especificaciones.

Tabla 5.1 Métricas.

No. de especificación	No. de necesidad asociada (Jerarquizadas por importancia relativa)	Especificación	Unidades
1	4	Tiempo de operación continuo	[min]
2	5	Rapidez de ensamble	[min]
3	4,5	Retraso entre comando y respuesta	[ms]
4	2,4	Tamaño acorde a la superficie de trabajo	[cm]
5	5	Movimientos realizados	Lista
6	6	Ruido mínimo	[dB]
7	5	App de fácil uso	Subjetivo
8	1,2	Limpieza profunda	Subjetivo

Después, para que la generación de este tipo de especificaciones sea completa, se realiza una comparativa con las especificaciones que tienen los sistemas de limpieza actuales.

Se utilizan los dispositivos mencionados en el capítulo 3, debido a la relevancia que tienen en el mercado y a partir de ello, tener especificaciones en el sistema a diseñar que compitan con los sistemas de hoy en día. Para tener una mejor idea se describen las características de los dispositivos actuales y su relación con las especificaciones del presente proyecto dentro de la tabla 5.2.

Tabla 5.2 Especificaciones de dispositivos de limpieza en el mercado.

Sistema Especificación	Sistema Roomba®	Sistema NaviBot Samsung®	Sistema Windoro®	Sistema LG HomBot®
Tiempo de operación continuo.	120 [min]	60 [min]	60 [min]	180 [min]
Rapidez de ensamble.	10-15[min]	15 [min]	20 [min]	-
Retraso entre comando y respuesta.	200 [ms]	-	200 [ms]	-
Tamaño acorde a la superficie de trabajo.	21.0 x 20.8 x 4.7 [cm].	35.5 x 9.3 [cm].	35.3 [cm] de diámetro x 9.14 [cm] de altura.	34 x 34 x 8.9 [cm].
Movimientos realizados.	zig-zag	-	zig-zag	zig-zag
Ruido mínimo.	60 [dB]	63 [dB]	-	60 [dB]
App de fácil uso.	-	-	-	-
Limpieza profunda	-	-	-	-

(-) = No tiene una especificación al respecto.

Finalmente, en la tabla 5.3 se hace una lista de las especificaciones generadas para las necesidades encontradas y se les da un valor de importancia (dicho valor es elegido por el equipo de diseño, cotejado con la jerarquización por importancia relativa) entre 1 y 5 de acuerdo a las especificaciones con menor importancia (1) y aquellas que resultan sumamente importantes (5). Así pues, en la tabla se agregan las métricas y dos tipos de valores: los valores ideales, que representan el mejor resultado que puede presentar el dispositivo, y los marginales, los cuales apenas harían viable al sistema.

Tabla 5.3 Especificaciones objetivo del diseño.

No. de especificación	No. de necesidad asociada (Jerarquización por importancia relativa)	Especificación	Importancia	Unidades	Valor marginal	Valor ideal
1	4	Tiempo de operación continuo	4	[min]	<70	<30
2	5	Rapidez de ensamble	3	[min]	<20	<10
3	4,5	Retraso entre comando y respuesta	2	[ms]	<200	<100
4	2,4	Tamaño acorde a la superficie de trabajo	3	[cm]	<30	<25
5	5	Movimientos realizados	2	Lista	.	-
6	6	Ruido mínimo	3	[dB]	<100	<60
7	5	App de fácil uso	4	Subjetivo	-	-
8	1,2	Limpieza profunda	5	Subjetivo	-	-

5.2 Relación con las necesidades.

Después de efectuar el análisis para la generación de especificaciones objetivo, se analiza la relación que tiene con las necesidades descritas en el capítulo 4. Dicha relación; cotejada con la tabla 5.3, queda ordenada de la siguiente manera:

1. Limpiar las superficies y/o elementos de la pared del elevador del CIA.
Esta necesidad tiene relación con la especificación 8, la cual indica que el dispositivo debe generar una “limpieza profunda”. La métrica de la especificación es subjetiva y deberá ser respaldada por el conocimiento de los encargados de la limpieza, ya que ellos tienen un área de conocimientos más amplia en lo que concierne a la manera en que un área debe ser considerada limpia, así como a la opinión del cliente, haciendo una comparación entre el estado inicial del cubo y el resultado.
2. Llegar a lugares difíciles o inaccesibles.
Las especificaciones asociadas son la 4 y la 8 en las que se determinan el espacio en el que la estructura del dispositivo deberá trabajar. Aunque el ancho está muy limitado, el largo de la pared del elevador permitiría utilizar un dispositivo de grandes dimensiones, sin embargo, se puede optar por algo más compacto. De esta manera, los componentes del sistema pueden ser colocados basándose en las siguientes medidas: 20 [cm] de vigas, 180 [cm] y 210 [cm] en los cristales y cinco pisos más planta baja y sótano, cuya altura es de 350[cm] para cada uno. También se deben considerar las diferentes geometrías presentes en el elevador, como lo son unas placas rectangulares de 1/8 [pulg] de espesor que se encuentran en cada piso y sólo en dos caras de la estructura; así como también, unas vigas de 5 [cm] de profundidad y que abarcan el ancho de los cristales del elevador, esto para lograr que se llegue a los lugares de difícil acceso.
3. Conservar la pared intacta (evitando modificaciones y anexos, así como la pintura).
Ésta necesidad no se encuentra relacionada con especificación alguna, pero será importante tenerla en cuenta en lo posterior.
4. Realizar las labores de limpieza de manera eficiente, manteniéndose sujeto a la superficie en la cual trabajará.
Relacionada con las especificaciones 1,3 y 4, el dispositivo deberá ajustarse a las medidas de la superficie del elevador, las cuales no son mayores a 20 [cm] considerando las vigas de la estructura, por lo que la estructura del dispositivo y sus componentes deberán interactuar dentro de estas dimensiones.
5. Ser fácil de usar y pueda ser manipulado por un empleado de intendencia, con una capacitación mínima.
Ésta se encuentra ligada a las especificaciones 2, 3, 5 y 7 que nos indican que el dispositivo debe poder ser colocado por un mínimo número de personas, sin la utilización de alguna herramienta y ensamblar el dispositivo en un tiempo mínimo. Además el dispositivo debe tener una geometría adecuada para el fácil manejo del mismo por parte de los empleados de limpieza. Los comandos de la aplicación deben interactuar de manera casi inmediata con el dispositivo ya ensamblado, por lo que se espera una respuesta 200 [ms] después de haber mandado el comando a través de la aplicación móvil. La interacción entre el dispositivo y la app deberá considerar los siguientes puntos:

- a. Primer movimiento de avance (arriba).
- b. Pausa.
- c. Segundo movimiento de avance (abajo).
- d. Conclusión.

Se encuentra que la aplicación debe ser diseñada de tal manera que pueda ser utilizada por cualquier persona sin la necesidad de incluir algún instructivo o de una capacitación.

6. Evitar alterar las labores que se hagan dentro del edificio.

Se relaciona con la especificación 6. La jornada de trabajo dentro del CIA se extiende a lo largo del día (de 6 am a 10 pm), es necesario que mientras el dispositivo esté en uso, no represente un distractor mayor para la gente que se encuentra laborando dentro del edificio. Así pues, el tiempo de operación necesita ser mínimo, incluyendo la limpieza y el ensamble, con un total de 30 [min] máximo para concluir el proceso; por lo que, el dispositivo debe poder ser transportado fácilmente y no requerir algún tipo de herramienta para su ensamble. Asimismo, el ruido que genere su funcionamiento no deberá sobrepasar los 60 [dB] de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-081-semarnat-1994, la cual indica que “el límite máximo permisible de nivel de sonido emitido por fuentes fijas es entre 55 y 60 [dB] entre las 6:00 y las 22:00 horas” [20], de tal manera que no moleste o afecte de alguna manera a las personas durante su estancia en el edificio.

Ya establecida la relación de las necesidades con las especificaciones se procede, en el siguiente capítulo a plantear un diagrama que relacione las funciones y subfunciones por sistemas para el dispositivo.



6. Sistematización.

Una vez obtenidas las necesidades jerarquizadas del proyecto, y a partir de ellas, las especificaciones del mismo, se procede a plantear un diagrama que relacione las funciones y subfunciones por sistemas para el dispositivo, el cual ayudará a determinar las características necesarias para satisfacer los objetivos del proyecto.

Teniendo planteadas las funciones del diagrama, se puede desarrollar un concepto que permita tener una descripción aproximada hacia la tecnología con la cual se puede resolver la problemática existente, y eventualmente detallar la configuración del sistema total.

6.1 Identificación de funciones.

Para obtener un diagrama de funciones se modela el proyecto como una “caja negra” donde ocurren todas las acciones que hacen que permiten a un grupo de entradas transformarse en una o más salidas necesarias. Para este proyecto se plantea como entradas una señal de inicio que proviene de la app requerida por las necesidades y la energía que permita alimentar al sistema; mientras que como salidas, se tienen la limpieza de una cara del elevador y el movimiento que realice el dispositivo para ello.

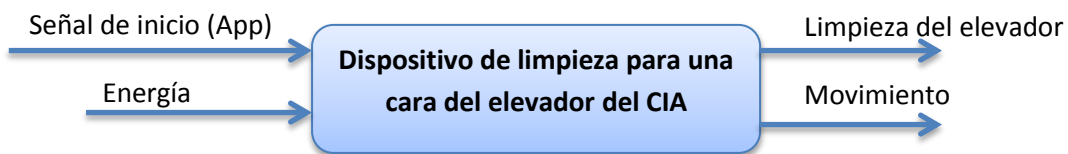


Figura 6.1 Diagrama de caja negra.

6.1.1 Sistemas.

Para obtener los sistemas que conforman el interior del diagrama, se toman en cuenta las necesidades antes identificadas, así como las otras acciones que se requieren realizar para obtener las salidas deseadas.

Como la necesidad primordial es la limpieza de una cara del elevador, se plantea un sistema de limpieza.

El dispositivo debe recorrer una pared de la cara del elevador, por lo que se pensó en un sistema de sujeción al elevador y en un sistema de desplazamiento.

Todo esto debe ser controlado por un sistema de procesamiento y éste, así como los otros sistemas, necesitan una fuente de energía que se considerará como un sistema de alimentación.

Tomando en cuenta lo anterior, el interior del diagrama de funciones queda de la siguiente manera:

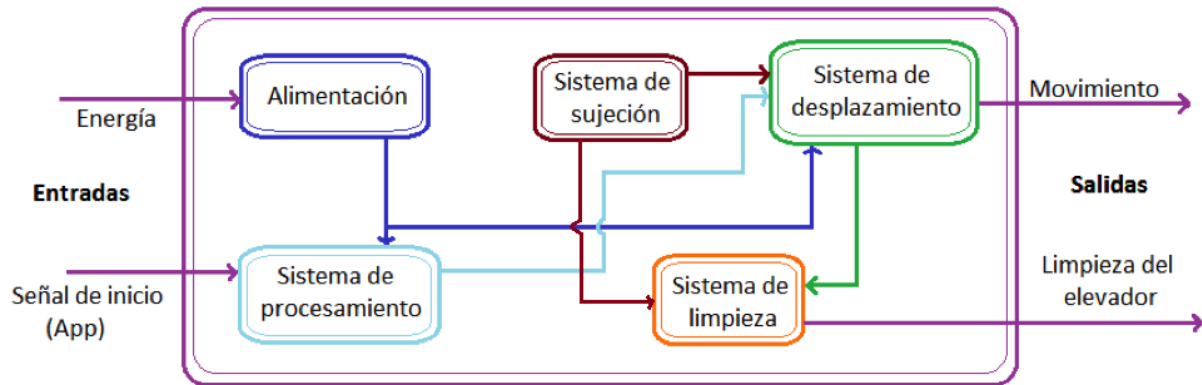


Figura 6.2 Diagrama de funciones.

Los sistemas descritos en la figura 6.2 se describen a continuación:

- 1) Sistema de alimentación. La energía que se recibe como entrada se regula según el sistema o los elementos del dispositivo que se encargan del desplazamiento y del procesamiento.
- 2) Sistema de procesamiento. Recibe los comandos generados por la aplicación móvil para su interacción con el sistema de desplazamiento. La app genera una conexión inalámbrica con el sistema de procesamiento, por la cual se envía información sobre el movimiento requerido por el usuario, y dicha información es enviada al sistema de desplazamiento.
- 3) Sistema de sujeción. Este sistema mantiene al dispositivo fijo en la pared del elevador durante el tiempo que dure el proceso de limpieza.
- 4) Sistema de desplazamiento. Permite al sistema moverse sobre la pared del elevador de acuerdo a la información que se obtenga del sistema de procesamiento. Además el sistema de desplazamiento se relaciona con el sistema de limpieza, ya que sin el movimiento del dispositivo a lo largo de la pared del elevador éste no podría asear.
- 5) Sistema de limpieza. Interactuando con el sistema de desplazamiento y sujeción, tiene que encargarse de eliminar la suciedad de la superficie de la pared del elevador.

6.1.2 Subsistemas.

Analizando el diagrama de funciones se buscan los subsistemas para interconectar adecuadamente los sistemas y así tener en su totalidad el funcionamiento deseado del dispositivo.

Los subsistemas en conjunto permitirán cumplir los objetivos planteados al inicio del trabajo, esto con la interacción que tendrán entre ellos mismos. Se comienza analizando el objetivo general:

“Diseñar un dispositivo controlado por medio de una aplicación (App) móvil que se encargue de la limpieza de la pared externa del elevador del Centro de Ingeniería Avanzada de la Facultad de Ingeniería, a la cual el personal de limpieza no puede acceder”.

Para el cumplimiento de ese objetivo, la entrada de la señal de la app acciona al sistema de procesamiento realizando una conexión inalámbrica y recibiendo la información del movimiento que desea realizar. Se envía la información del movimiento al sistema de desplazamiento, que permitirá el movimiento con ayuda del sistema de sujeción. Con dichas interacciones, el sistema de limpieza logrará el cometido de eliminar el polvo y suciedad de la pared.

Analizando el diagrama de funciones se buscan los subsistemas para interconectar adecuadamente los sistemas y así tener en su totalidad, un sistema funcional.

El sistema de alimentación se plantea contenga dos subsistemas, que son: alimentación para procesamiento y alimentación para desplazamiento. Cada uno de estos subsistemas acondiciona y provee la energía necesaria para el funcionamiento de cada sistema, por lo que la energía administrada a la entrada del dispositivo debe ser la adecuada para poder activar cada sistema a la vez.

La señal de inicio proveniente de la aplicación debe accionar el sistema de procesamiento y éste debe poner en marcha el dispositivo, para que cuando esté colocado permita iniciar el movimiento a lo largo de la estructura. Por lo que el sistema de procesamiento se divide en dos: accionamiento y control de trayectoria.

El dispositivo debe sujetarse a la pared del elevador pero no debe quedar fijo a ella, por lo tanto el sistema de sujeción será dividido en dos subsistemas: colocación y desmontaje. Estas subfunciones o subsistemas, además de la energía y el procesamiento requieren la ayuda de un usuario para poder colocar el dispositivo en la pared deseada.

El sistema de desplazamiento es aquél que mueve al dispositivo a lo largo de la pared del elevador para poder realizar su limpieza. El sistema tiene dos subsistemas que constan en una trayectoria uniaxial, ya que el dispositivo sólo se puede mover en un eje; y en una trayectoria bidireccional, ya que el dispositivo se mueve únicamente hacia arriba y hacia abajo.

Por último, el sistema de limpieza, como el nombre lo indica, es el encargado de asear la pared del elevador, por lo que, únicamente tiene un subsistema: accesorios para limpieza y que se refiere a la herramienta elegida para realizar dicha tarea.

Con lo anterior se puede realizar un diagrama (Fig. 6.3) donde se puede ver de manera gráfica cómo se relacionan los subsistemas con otros sistemas o incluso subsistemas para poder conseguir las salidas deseadas.

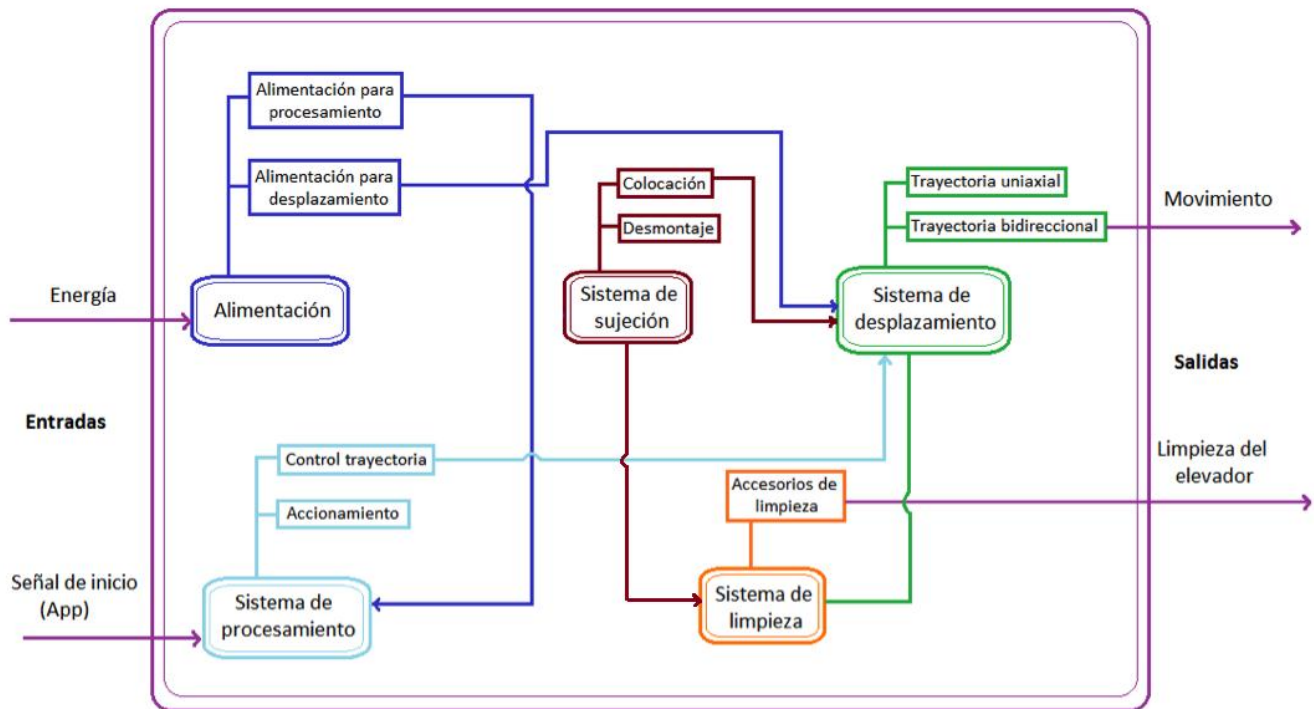


Figura 6.3 Diagrama de funciones.

Conociendo las funciones y su interacción para el cumplimiento de los objetivos del dispositivo, se procede a generar una síntesis de dichas relaciones, que permitan describir el total del proyecto.



7. Concepto.

La siguiente etapa en el desarrollo de este trabajo es la generación de un concepto a partir de las necesidades, especificaciones objetivo y diagramas de funciones obtenidos en los capítulos anteriores.

El concepto del sistema es una descripción aproximada de la tecnología, principios de trabajo y forma del dispositivo [13]. Mediante una serie de descripciones y bocetos, se crea una explicación concisa de las maneras en que el dispositivo cumplirá las necesidades del cliente. La calidad del concepto determina en gran medida hasta qué punto el sistema cumplirá con los objetivos planteados y las necesidades definidas, y en consecuencia, la validez del mismo. [17] No se debe subestimar la importancia del concepto, ya que un mal planteamiento del mismo es difícil manipularse para lograr los objetivos planteados.

7.1 Concepto seleccionado.

Una vez definido el diagrama de funciones, se tiene una idea más clara de las acciones que el dispositivo debe realizar para cumplir con el objetivo y las necesidades planteadas; la síntesis de lo que hará el proyecto puede ser contenido en un solo concepto, el cual se plantea a continuación:

Un dispositivo móvil, seguro y de fácil uso, que recorra una cara externa de difícil acceso para el personal de intendencia del elevador del CIA, con el fin de realizar su limpieza empleando accesorios incorporados a una extensión de dicho dispositivo y utilizando productos de limpieza no abrasivos. El dispositivo será modular, procurando su facilidad de traslado y requerirá únicamente de su colocación, montaje del accesorio de limpieza, accionamiento y control de movimiento por medio de una aplicación móvil y su desmontaje del sitio de trabajo cuando termine de realizar la limpieza.

7.2 Análisis de concepto.

Analizando a detalle el concepto propuesto, en conjunto con el diagrama de funciones, las necesidades y especificaciones planteadas, se hace notar que el dispositivo, además de tener que limpiar el elevador sin maltratarlo, debe ser colocado y removido fácilmente de la pared del elevador.

Dentro de los métodos de limpieza, se debe considerar algún accesorio que abarque las dimensiones de la estructura, obtenidas de las especificaciones, además de que sea fácil de colocar en el dispositivo y que origine la menor cantidad de conflictos para transportar. En caso de que se requiera de un producto de limpieza se debe cuidar que no afecte la integridad de la pared del elevador.

Cuando el dispositivo se encuentre sujeto a la pared y tenga colocado el accesorio de limpieza se inicia el movimiento utilizando una aplicación móvil que debe ser simple en uso para que cualquier persona sea capaz de accionarlo. Dado que el dispositivo debe recorrer el elevador, la forma de desplazamiento debe considerar la altura de la pared (350 [cm] por sección de piso).

Con las anteriores consideraciones se pueden plantear varias soluciones a las diferentes funciones del diagrama, basadas en tecnologías existentes y que serán combinadas para generar múltiples configuraciones que serán comparadas entre sí, para elegir la más adecuada en el cumplimiento de los objetivos planteados y alcances descritos por el concepto.



8. Configuración.

La configuración del sistema es un conjunto de soluciones a las funciones que lo conforman, traducido en tecnología existente, las cuales son combinadas para generar un resultado que cumpla con los objetivos del proyecto [14]. Es esencial que en un principio se tomen en cuenta un gran número de posibles configuraciones para que eventualmente, de acuerdo a las necesidades y especificaciones del sistema, se vayan descartando aquellas que son menos adecuadas para dar solución a la problemática.

8.1 Configuraciones posibles.

Para obtener las configuraciones posibles se investigan diversas soluciones a cada función del diagrama y se combinan esas soluciones con el fin de generar el mayor número de posibilidades a elegir. Sin embargo, el equipo de diseño decidió reducir las soluciones a las tres más viables (considerando costo, conocimientos previos de uso o facilidad de adquisición) y de tal manera tener un menor número de combinaciones. De la investigación, se proponen las siguientes soluciones a las funciones:

- Alimentación.
 - Conexión a la toma de corriente.
 - Baterías recargables.
 - Celdas Solares.
- Procesamiento.
 - Microcontrolador.
 - GAL (*Generic Array Logic*).
 - FPGA (*Field Programmable Gate Array*).
- Sujeción.
 - Vacío por chupones.
 - Imanes.
 - Vacío con ventilador.
- Limpieza.
 - Aspersor.
 - Jaladores.
 - Rodillos y paños.
- Desplazamiento.
 - Ruedas.
 - Orugas.
 - Extremidades (hexápodo).

Haciendo diversas combinaciones de las soluciones propuestas a cada función se pretende buscar una configuración final para el dispositivo que cumpla de la mejor forma posible con las necesidades y el concepto ya definido.

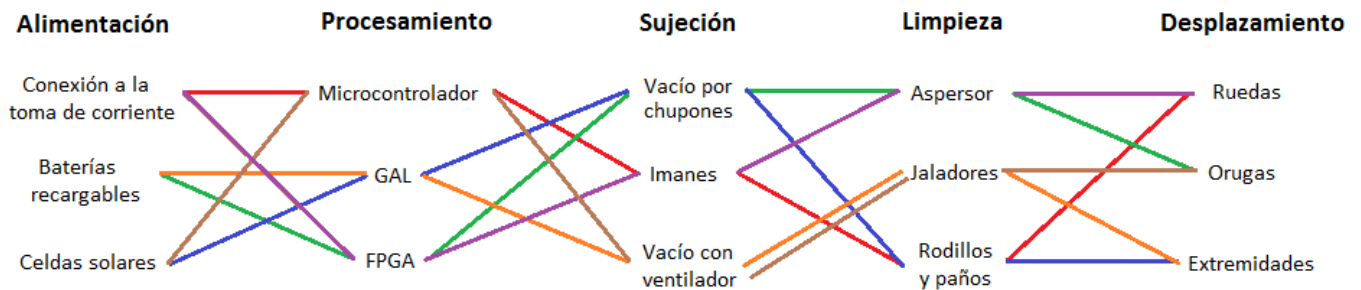


Figura 8.1 Ejemplos de combinación de soluciones.

Hay que hacer notar que la figura 8.1 indica que las combinaciones exhibidas son únicamente ejemplos de los posibles arreglos con las soluciones planteadas. Si se combinaran todas las opciones entre sí, se tendrían que describir 243 arreglos, lo cual sería inviable, dado el tiempo que se tendría que dar a cada uno para su análisis (considerando los objetivos temporales) y la cantidad de información que habría que descartar. Además, algunas de esas opciones presentarían una incompatibilidad entre la tecnología que tienen; ejemplo de esto puede ser el uso de un GAL con el sistema de sujeción de imanes, ya que los primeros son susceptibles a fallas debido al campo magnético generado por los segundos.

Algunas de las combinaciones posibles generadas son:

- **Batería recargable + GAL + Vacío por chupones + Aspersor + Orugas.**

La batería recargable tiene una capacidad de 12 [V] a 3 [A] (3 [A] es la corriente máxima que las baterías recargables entregan para el valor de voltaje sugerido, el cual es necesario para el funcionamiento de los motores), la cual podría conectarse al sistema de desplazamiento, procesamiento y aspersores, regulando el paso de la energía para el GAL, el cual trabaja en rangos de 5 [V], así como para los aspersores, que ocupa el mismo voltaje, por lo cual un regulador sería indispensable; sin embargo, las orugas se mueven con ayuda de motores de corriente directa de 12[V] por lo que en éste caso la regulación de voltaje no es necesaria. El vacío por chupones no requiere energía, sin embargo, para un mejor agarre es necesario que la superficie tenga la menor cantidad de polvo posible. El problema con esta combinación podría estar en las orugas, las cuales requieren de mucho espacio para ser manipuladas debido a su gran tamaño (lo que conflictúa con la especificación del espacio de trabajo tratada en el capítulo 5, donde se señala que el espacio no es mayor a 25 [cm]), y a la batería recargable, la cual no posee la corriente necesaria para la alimentación de los aspersores, los motores de las orugas y el GAL. La interacción entre los elementos se representa en la figura 8.2.

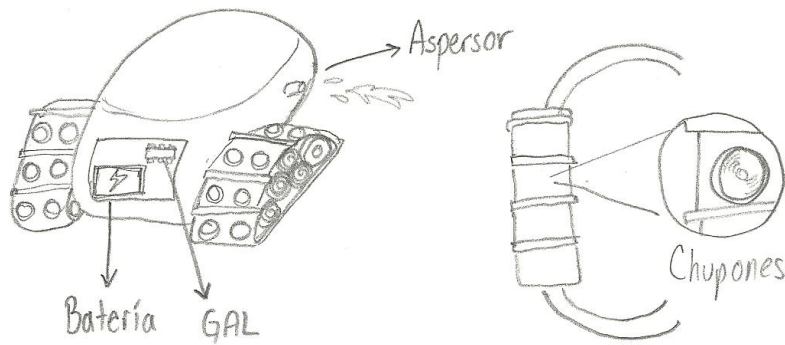


Figura 8.2 Configuración propuesta con batería recargable, GAL, vacío por chupones, aspersor y orugas.

- **Conexión a la toma de corriente + Microcontrolador + Imanes + Rodillos y paños + Ruedas.**

La conexión a la toma de corriente proporciona 127 [V], sin embargo al ser corriente alterna necesita un acondicionamiento para poder alimentar a un microcontrolador y el motor necesario para que las ruedas se muevan. Un microcontrolador necesita ser energizado con un voltaje de entre 5 y 9 [V] según el dispositivo utilizado, mientras que los motores de corriente directa necesitan entre 6 y 12 [V] (dependiendo del motor) por lo que además del acondicionamiento de la energía de la toma de corriente se requiere de un regulador para poder energizar cada uno de éstos sistemas. En cuanto a la sujeción del dispositivo, el uso de imanes no requiere de energía extra para su funcionamiento, así como para el rodillo o paño limpiador, ya que su incorporación al dispositivo es totalmente mecánica. La variedad de ruedas es amplia, por lo que eligiendo aquellas que generen mayor tracción, permitiría el movimiento vertical, además de que su acoplamiento al sistema sería efectuado con gran facilidad (aprovechando las máquinas herramienta de la facultad y algunas opciones de acoplamientos que ofrecen los proveedores), manufacturando los ejes y coples a los motores. La interacción se representa en la figura 8.3.

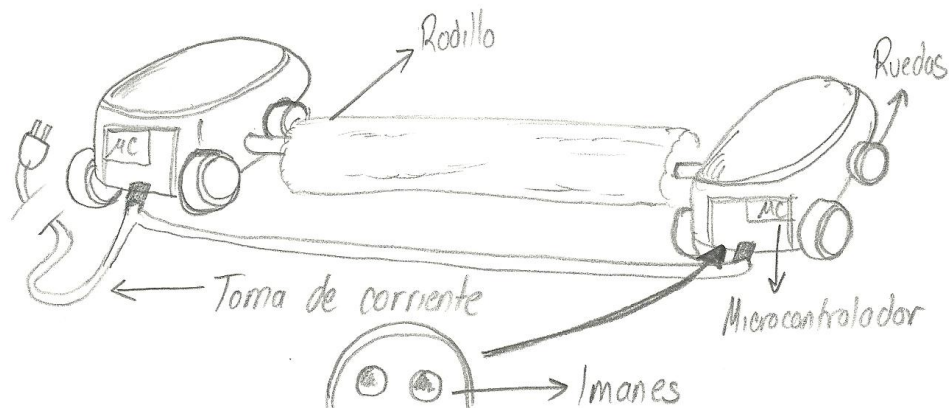


Figura 8.3 Configuración propuesta con toma de corriente, microcontrolador, imanes, rodillos y paños y ruedas.

- **Batería recargable + Microcontrolador + Vacío con Ventilador + Jaladores + Extremidades (hexápodo).**

La batería proporciona como en el primer ejemplo, 12[V] y 3 [A] al sistema; al requerir 5[V], el microcontrolador puede ser alimentado con esta batería y también los ventiladores, los cuales trabajan en un rango de 7 a 12 [V]. Los jaladores no requieren de energía, ya que su actuar será completamente mecánico. La complicación de esta configuración radica en dos puntos: el uso del hexápodo, el cual requiere un gran número de actuadores para el movimiento de cada una de sus extremidades, lo que representa una alta demanda de corriente que disminuiría considerablemente el tiempo de operación continuo que soporta la batería; y los ventiladores, ya que dependiendo del número a utilizar, sería la demanda de energía que el sistema de sujeción tendría, además de que entre más ventiladores se utilicen, mayor será el ruido generado por el sistema, entrando en conflicto con la especificación de ruido, la cual indica que el dispositivo debe generar no más de 60 [dB] . La estructura con sus interacciones se muestran en la figura 8.4.

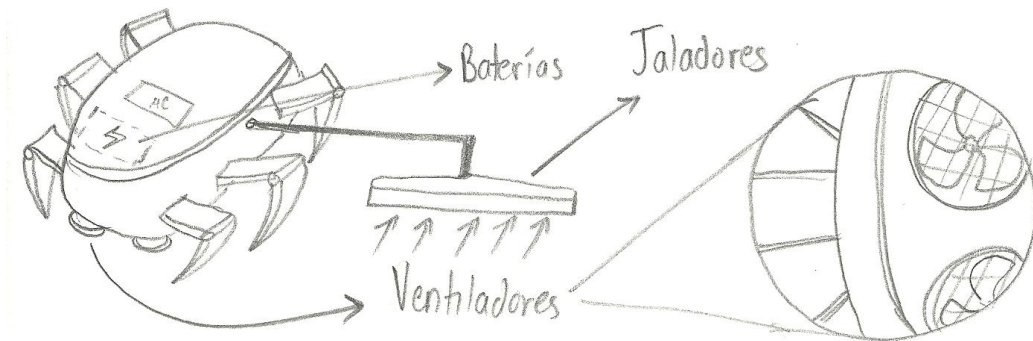


Figura 8.4 Configuración propuesta con batería recargable, microcontrolador, vacío con ventilador, jaladores y extremidades.

- **Conexión a la toma de corriente + FPGA + Vacío por chupones + Rodillos y paños + Extremidades (hexápodo).**

Como se menciona anteriormente, la conexión a la toma de corriente proporciona 127[V] y por ser corriente alterna necesita un acondicionamiento para poder alimentar un FPGA. Por lo general, los FPGA utilizan diferentes voltajes de alimentación: para la lógica interna se utilizan 1.25 [V], los bancos de pines 3.3 [V] y las interfaces de configuración 2.4 [V] [21]; por lo que además de acondicionar la energía de la toma de corriente es necesario regular el voltaje para el FPGA. Sin embargo, no se tienen los suficientes conocimientos previos sobre el uso y programación de los FPGA e implementarlos requeriría que el equipo de diseño dedicara tiempo del proyecto a estudiar este tema, tiempo que no fue considerado en los alcances del proyecto. Adicionalmente se requeriría de una regulación de voltaje para cada uno de los actuadores que se requieran para el movimiento de las extremidades.

A diferencia del ejemplo anterior, el uso de la energía toma de corriente puede proporcionar más corriente que la encontrada en una batería, sin embargo se debe cuidar ese aspecto al momento de acondicionar y regular el voltaje. En cuanto a los chupones se refiere, éstos no requieren alimentación pero para una mejor sujeción se necesita que la superficie esté limpia y cuente con la menor cantidad de polvo. La limpieza mediante rodillos y paños tampoco necesita energía eléctrica ya que su acoplamiento al dispositivo es mecánico. Las interacciones de los elementos y especialmente el hexápodo con los chupones se muestran en la figura 8.5.

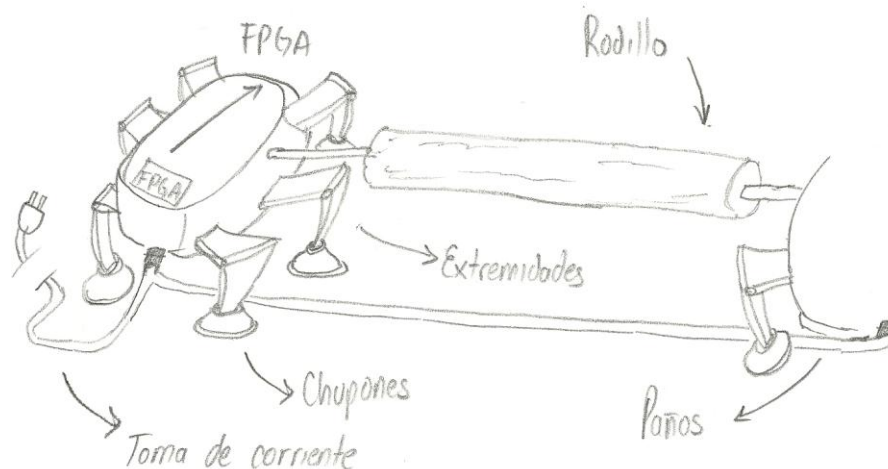


Figura 8.5 Configuración propuesta con conexión a la toma de corriente, FPGA, vacío con chupones, rodillos y paños y extremidades.

- **Celdas Solares + GAL + Vacío con ventilador + Aspersor + Ruedas.**

Las celdas solares, dependiendo de su tamaño, proporcionan diferentes voltajes las hay de 0.6 [V], 5 [V], 9 [V], 12[V], etc. Las celdas se conectarían a la GAL, que trabaja en rangos de 5[V], para el procesamiento del movimiento. Las celdas también alimentarían a los motores para las ruedas (que utilizan entre 6 y 12 [V]), a los aspersores (que funcionan a 5[V]) y a los ventiladores que se utilicen para el sistema de sujeción (que funcionan de 7 a 12 [V]) y dependiendo del número de éstos es la cantidad de corriente que se demande a los paneles; lo que puede derivar en unas celdas demasiado grandes para la superficie de trabajo (100 [cm²] proporcionan 0.5 [V] y 3[A]) [23]. El sistema de desplazamiento requeriría de unas ruedas acopladas a un motor, que se pueden elegir de un material que genere la mayor tracción posible para facilitar el movimiento vertical. Las interacciones entre tecnologías se muestran en la figura 8.6.

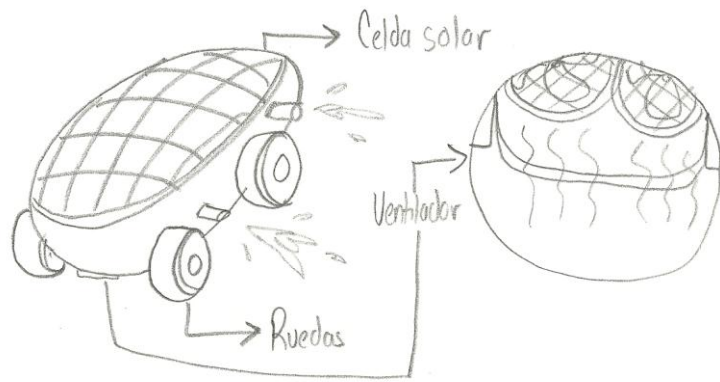


Figura 8.6 Configuración propuesta con celdas solares, GAL, vacío con ventiladores, aspersores y ruedas.

- **Celdas Solares + FPGA + Imanes + Jaladores + Orugas**

Como se menciona anteriormente hay celdas solares de diversos voltajes que dependen del tamaño de las mismas. Las celdas estarían alimentando el FPGA y los motores que se requieren para mover las orugas. El FPGA utiliza diversos voltajes como alimentación por lo que de la celda solar elegida se tendría que realizar diversas regulaciones para poder energizar el dispositivo. Los motores para el movimiento de las orugas generalmente utilizan entre 6 y 12 [V], por lo que se debe considerar la cantidad de motores necesarios para poder realizar el movimiento vertical, así como la demanda de corriente de los mismos para así poder elegir el tamaño adecuado de la celda solar. El uso de imanes como sistema de sujeción no requiere demanda de corriente extra para su alimentación, pero podría hacer que el par de los motores tenga que incrementarse y por ende, aumentar el consumo de corriente. Los jaladores como sistema de limpieza tampoco necesitan del sistema de alimentación, ya que su actuación es mecánica. La representación de la interacción de los sistemas se encuentra en la figura 8.7.

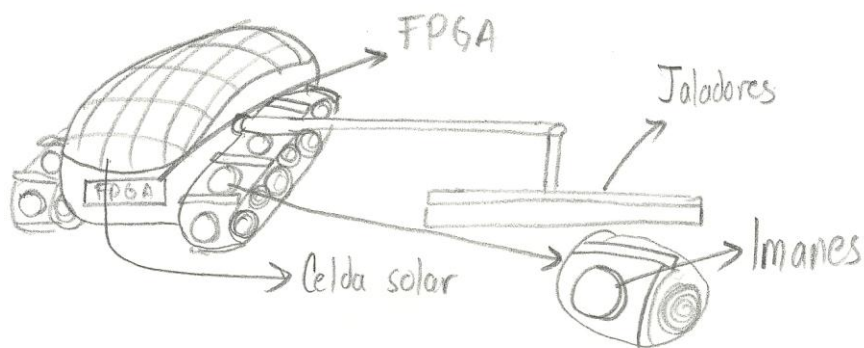


Figura 8.7 Configuración propuesta con celdas solares, FPGA, imanes, jaladores y orugas.

8.2 Configuración final propuesta.

Una vez analizadas las seis configuraciones elegidas por el equipo de diseño, se llega a la conclusión que la configuración más adecuada a la problemática es:

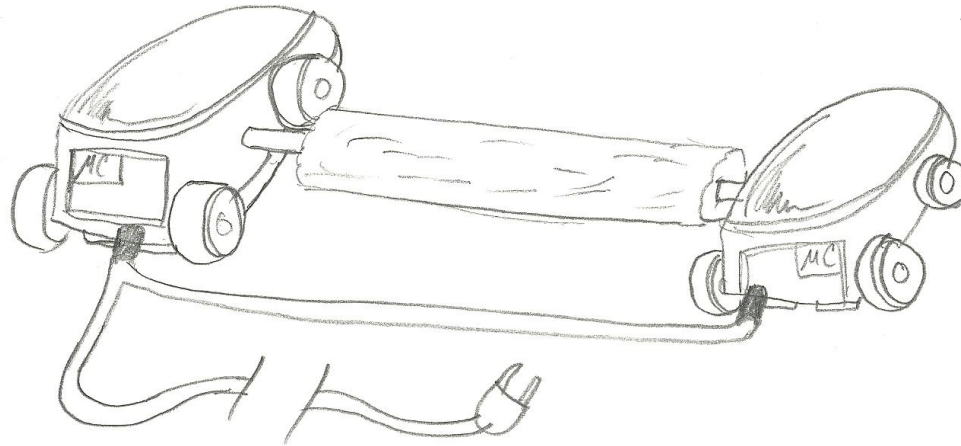
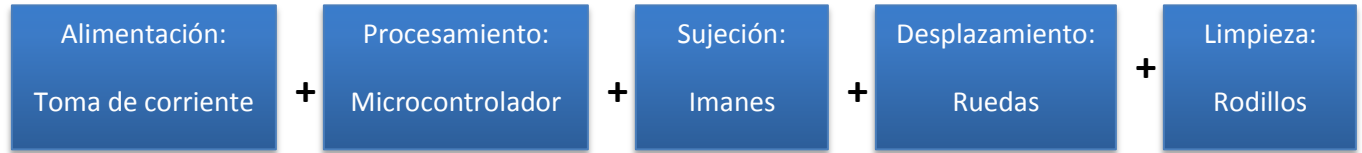


Figura 8.8 Configuración elegida con toma de corriente, microprocesador, imanes, rodillos y paños y ruedas.

Para tomar esta decisión, se llegaron a las siguientes conclusiones respecto a las diversas configuraciones para el dispositivo:

En cuanto al sistema de sujeción se encuentra que, a pesar de que las tres opciones son viables, se descarta la manera de hacer un vacío por medio de un ventilador, ya que se quiere evitar que se agregue un elemento más que dependa del sistema de alimentación y se prefiere evitar el ruido que genere (entre 30 y 35 [dB] por ventilador) [24] [25]. El vacío por succión por ventosas es una buena opción si consideramos que la superficie es metal y cristal; sin embargo, pasado el tiempo los chupones absorben suciedad y pierden sujeción. Por lo que para el dispositivo se elige el uso de imanes permanentes, que pueden sujetarse fácilmente a las vigas metálicas que posee la pared del elevador, aunque no de manera directa, por lo que su interacción con la estructura dependerá del sistema de desplazamiento, el cual formará una separación entre el área de trabajo y los imanes.

Para el sistema de procesamiento, de los tres métodos propuestos, el FPGA es el más costoso y se tienen pocos conocimientos previos de su forma de uso, por lo que esa solución queda descartada. De los otros dos métodos sí se poseen los conocimientos suficientes para manejarlos; sin embargo, el GAL, aunque su programación es conocida y dominada, como circuito es susceptible a fallar constantemente debido a la estática, los rangos de corriente que maneja (0.09 [A]) y compatibilidad con el sistema de sujeción que es por medio de imanes [22], por lo que se considera que un microcontrolador es lo más adecuado para el proyecto debido a su familiaridad con la programación; así que para cumplir con la función de procesamiento, se utilizará un microcontrolador ya que cuenta con múltiples entradas y salidas, modulación de ancho de pulso (PWM) y velocidad de respuesta acorde a las especificaciones del capítulo 5.

Ahora, tomando en cuenta los métodos de limpieza; si se eligiera un aspersor, se necesitaría cargar con los limpiadores dentro del dispositivo, lo que añadiría peso al mismo, por lo que se descarta. El usar jaladores implica que también se debe tener algún limpiador líquido o agua que será removido junto con la suciedad con ayuda de estos accesorios, por lo tanto esta opción no es tomada en cuenta al final. Para limpiar el elevador, se utilizarán rodillos y/o paños que puedan limpiar en seco o que se puedan mojar previos a la colocación del dispositivo para remover la suciedad que se encuentre pegada a la estructura.

Para el método de desplazamiento se considera que ponerle extremidades al dispositivo implicaría un desarrollo en programación que tardaría más tiempo en resolver que el propio sistema. Utilizar orugas es una opción viable puesto que el recorrido del dispositivo sólo es en un sentido, sin embargo, la poca variedad en cuanto a tamaño de las mismas (se encuentran orugas desde 23[mm] de ancho hasta 7.5 [cm] y de 11 a 13 [cm] de longitud) requeriría la fabricación de piezas especiales, demandando más tiempo y complicaciones en el posterior caso de requerir refacciones, esto da pauta para una solución más tradicional, por lo que se elige el uso de ruedas.

Por último, para la parte de alimentación del dispositivo, se encuentra que las celdas solares a pesar de ser una buena idea para darle a este sistema un sentido de ingeniería verde, se encuentra que las que podrían proporcionar un voltaje mayor a 5 [V] tienen un tamaño muy grande, entrando en conflicto con las dimensiones de la estructura a limpiar y por tanto, descartando esta opción. Las baterías recargables que se podrían utilizar (Li-Po), aunque su tamaño es adecuado con las especificaciones del proyecto, no corresponde a las necesidades de alimentación para el procesamiento y sobre todo el desplazamiento, esto relacionado con el tiempo que duran cargadas y el tiempo de operación continuo. Se decide que, para el caso de este proyecto, se adapte una conexión al sistema con la toma de corriente eléctrica del edificio, de tal manera que la alimentación sea constante y no presente atenuación conforme pasa el tiempo.

Una vez elegida la configuración final, se procede a detallar las tecnologías elegidas para la estructuración final del sistema.



9. Diseño de detalle.

El diseño de detalle verifica que los componentes de cada sistema estén completamente definidos, es decir, que sus dimensiones, cantidades, rangos, materiales y procesos sean identificadas con la mayor precisión posible [14]. Se identifican además, componentes que apoyen a los sistemas principales a realizar su trabajo y aquellos competentes que están disponibles en el mercado, con distribuidores capaces de proporcionarlos con facilidad.

El dispositivo es analizado a partir de cada sistema que lo conforma y las tecnologías que están disponibles actualmente.

9.1 Sistema de movimiento.

El sistema de movimiento comprende el uso de ruedas sobre las orugas o patas debido a la superficie de contacto en la cual se trabajará, la cual es de un tamaño reducido y tiene que (de acuerdo a las necesidades detalladas en el capítulo 4, conservarse sin que presente rasguños o deterioros. Así pues, haciendo las medidas pertinentes dentro del cubo del elevador, y revisando varios modelos de ruedas, se hallan unas hechas de hule para sumo con medidas acordes al sistema:

- Dimensiones:
 - 5 [cm] de largo.
 - 2.6 [cm] de ancho.
 - 5 [cm] de alto.
- Peso: 35 [g].

Además de que el material del que están hechas permite un mejor agarre sobre la superficie de trabajo y que la distribuidora de dichas ruedas incluyen los coples para eje, de tal manera que el producto no requiera mayores modificaciones de nuestra parte.



Figura 9.1. Rueda de hule para Sumo “Mega Fricción”.

En el caso de las ruedas traseras, los ejes que sostendrán las ruedas son hechos de aluminio, material de fácil manipulación y de fácil adquisición, con un diámetro de 3 [mm], los cuales son modificados dentro de los talleres de la facultad para que se adapten a las necesidades del sistema de movimiento.

Para las ruedas delanteras se tiene el sistema de acoplamiento con los motores. Los motores fueron una cuestión difícil de manejar, puesto que se tenían que encontrar aquellos motores capaces de hacer el trayecto de manera vertical. Así pues, se dio la tarea de buscar motores de eje metálico y caja de engranes del mismo material con un par adecuado. En la distribuidora 330 ohms se encuentran aquellos que se ajustaron a las necesidades del dispositivo:

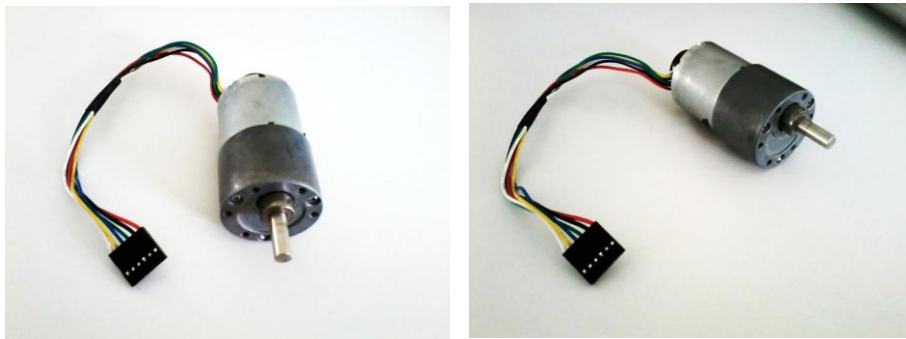


Figura 9.2 Motor Pololu 1444.

Las características del motor son las siguientes:

1. Velocidad sin carga a 6 [V]: 100 [RPM].
2. Consumo de corriente sin carga a 6 [V]: 250 [mA].
3. Torque a rotor bloqueado a 6 [V]: 6 [Kg-cm].
4. Consumo de corriente a rotor bloqueado a 6 [V]: 2.5 [A].
5. Tamaño: 37 [mm] de diámetro x 66 [mm] de longitud.
6. Peso: 218 [g].
7. Diámetro del eje: 6 [mm].
8. Relación de engranes: 50:1.

Este motor está diseñado para funcionar a 12 [V], sin embargo puede funcionar a 6 [V].

9.2 Sistema de sujeción.

El dispositivo de sujetará por medio de imanes a la parte metálica del elevador. Se descartó el uso de electroimanes para evitar el uso de energía en este sistema, por lo que se considera que la mejor opción es el uso de imanes permanentes.

Investigando sobre los imanes que se pueden conseguir fácilmente en México se encontraron imanes de ferrita y de neodimio. Ambos tipos de imanes se pueden conseguir en diferentes tamaños según lo requiera el proyecto, pero al hacer un comparativo entre éstos se nota que los imanes de neodimio tienen una fuerza magnética más grande que un imán de ferrita de un tamaño similar; además los imanes de neodimio son más ligeros. Por otro lado, los imanes de ferrita tienen un costo menor y son más resistentes a los impactos.

Teniendo lo anterior contemplado se vio que se necesitan unos imanes que pudieran soportar el peso del dispositivo y lo pudieran mantener pegado al elevador durante todo el trayecto de limpieza, además de que no aportaran mucho peso; por lo que se decidió que los imanes a utilizar serían de neodimio.



Figura 9.3 Imanes de neodimio.

Al principio se consideró sólo el uso de seis imanes de 3 [cm] de diámetro, esto para tener varios puntos de sujeción del dispositivo con el elevador y evitar algún efecto de pandeo en la base del mismo.



Figura 9.4 Imanes de neodimio de 3 [cm] de diámetro.

Desafortunadamente se vio que estos imanes no soportaban gran peso, por lo que se optó por utilizar dos más de 5 [cm] de diámetro.



Figura 9.5 Imanes de neodimio de 5 [cm] de diámetro.

9.3 Sistema de procesamiento.

El sistema de movimiento deberá ser regulado, por lo que se propone el uso de un microcontrolador que satisfaga las necesidades del sistema. Debido a la familiaridad y la facilidad de uso (programación, alambrado, etc.), se opta por el microcontrolador Arduino UNO, el cual tiene las salidas y entradas necesarios para la operación de movimiento.

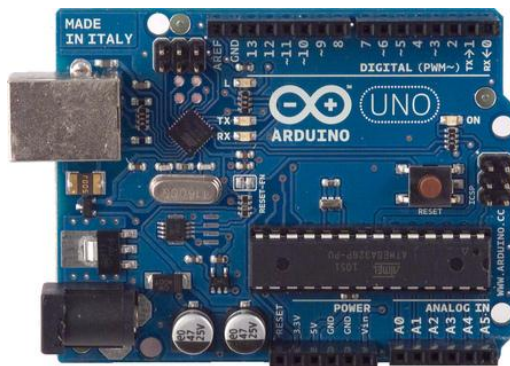


Figura 9.6 Tarjeta de desarrollo Arduino UNO.

La ventaja que se tiene al utilizar el microcontrolador Arduino es la facilidad con la que se puede utilizar la comunicación Bluetooth, esencial para el sistema y la aplicación móvil. Arduino UNO tiene un módulo Bluetooth con gran alcance de comunicación y sencillo uso. El módulo utilizado es el Serial HC-05 que funge como maestro o esclavo según el gusto del usuario durante la configuración del mismo.

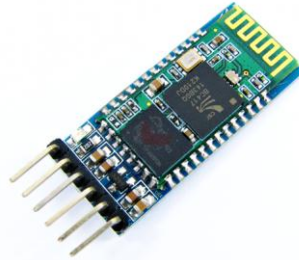


Figura 9.7 Módulo Bluetooth HC-05.

Para el correcto funcionamiento, se requiere que los motores que forman parte del sistema de movimiento realicen cambios de sentido de rotación, por lo que se requerirá de un circuito integrado L298D, que permitirá a los mismos realizar los cambios de sentido que podrá realizar la función al sistema.

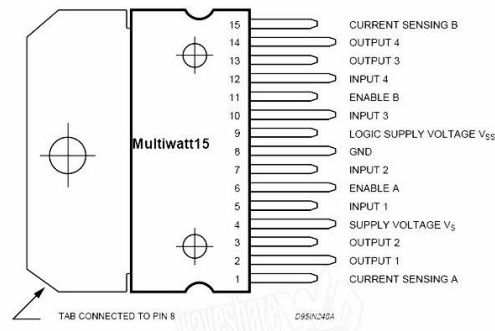


Figura 9.8 Circuito Integrado L298D.

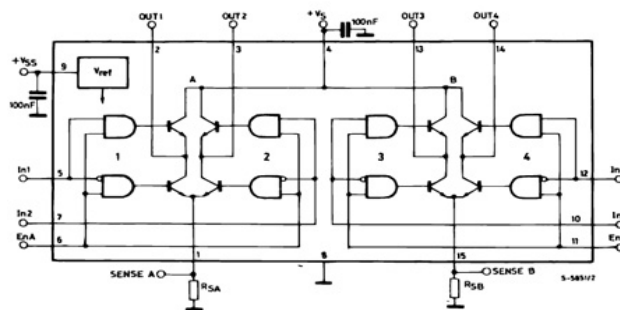


Figura 9.9 Diagrama del circuito integrado L298D.

El circuito integrado L298D o puente en H es un circuito electrónico que permite a un motor eléctrico DC girar en ambos sentidos, avanzar y retroceder. Un puente H se construye con 4 interruptores (mecánicos o mediante transistores). Cuando los interruptores S1 y S4 están cerrados (S2 y S3 abiertos) se aplica una tensión positiva en el motor, haciéndolo girar en un sentido. Abriendo los interruptores S1 y S4 (cerrando S2 y S3), el voltaje se invierte, permitiendo el giro en sentido inverso del motor.

Un puente H se usa para invertir el giro de un motor, pero también se puede usar para frenarlo de manera brusca, al hacer un corto entre los bornes del motor, o incluso puede usarse para permitir que el motor frene bajo su propia inercia, cuando desconectamos el motor de la fuente que lo alimenta.

9.4 Sistema de limpieza.

El sistema de limpieza elegido es por medio de un rodillo y paños de limpieza, con la idea de que el rodillo pueda ser colocado fácilmente y sea llevado por el dispositivo por todo el elevador mientras éste gira limpiando las superficies del mismo.

Para ello el rodillo debe tener algún tipo de microfibra o cerdas que puedan limpiar la superficie deseada.

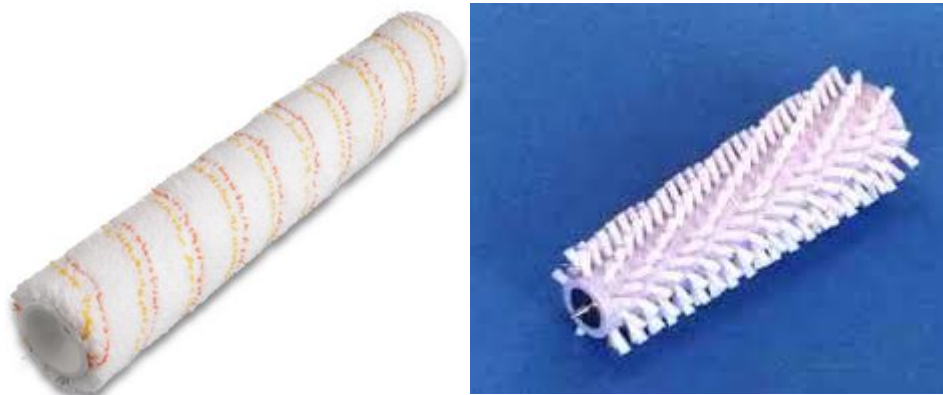


Figura 9.10 Ejemplo de rodillos.

Además el rodillo debe tener una longitud variable, ya que como se ha mencionado antes, las paredes del elevador son de diferentes tamaños ya que éste es un prisma rectangular; por lo que se ha elegido que la base del rodillo sea una extensión, que es un palo utilizado para pintar y que puede modificar su longitud para alcanzar lugares altos. Se elige una extensión que se utiliza para los rodillos de pintura que alcanzará una extensión de 3 [m].



Figura 9.11 Extensiones.

Y para limpiar las vigas del elevador, por donde pasará el dispositivo, se utilizarán paños de microfibra que se colocarán en el aparato para poder limpiar mientras se hace el recorrido de limpieza.



Figura 9.12 Paños de microfibra.

9.5 Sistema de Alimentación.

Para alimentar de energía al dispositivo se eligió una conexión a la toma de corriente del edificio.



Figura 9.13 Extensión eléctrica.

Sin embargo se requiere de un acondicionamiento de la energía, ya que los dispositivos elegidos utilizan corriente directa; por lo que se eligió utilizar cargadores de laptop HP® ya que se pueden conseguir fácilmente y son confiables. La entrada es de entre 100 y 240 [V] de corriente alterna y se tiene una salida de 18.5 [V] y 3.5 [A] de corriente directa.



Figura 9.14 Cargador de laptop.

Además del acondicionamiento de la energía se requiere una regulación del voltaje para poder alimentar el microprocesador. Como el voltaje de alimentación de la placa de Arduino UNO es de 5 [V] se eligió un regulador LM7805. Este dispositivo cuenta con tres pines el de voltaje de entrada, tierra y el voltaje de salida. El pin de entrada puede aguantar hasta 35 [V], mientras que la salida son 5[V] y 1[A], lo suficiente para poder alimentar al microprocesador.

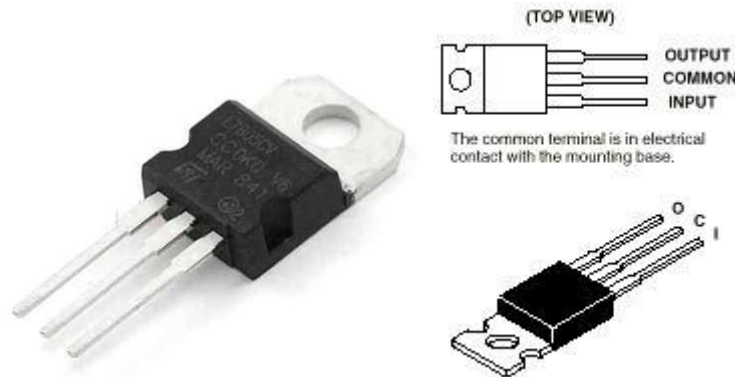


Figura 9.15 Circuito integrado LM7805.

9.6 Recorrido propuesto.

Para poder limpiar el elevador, el dispositivo está pensado en que sólo tenga un recorrido para asegurarse de que toda la estructura de interés sea limpiada y para tener un programa más simple.

Según el diagrama de funciones el dispositivo sólo tendrá movimiento uniaxial y bidireccional, por lo que el recorrido propuesto es: que el dispositivo se coloque en la parte inferior del elevador y éste recorra verticalmente, sujeto a la pared, hacia arriba y cuando el dispositivo llegue hasta la parte superior de la estructura comenzará a hacer un recorrido hacia abajo mientras que el rodillo limpia durante todo el trayecto.

Hay que tener cuidado al momento de realizar el cambio de dirección, ya que un cambio brusco en el sentido puede tener consecuencias en la respuesta que exista entre la aplicación móvil y el sistema, por lo que se recomienda que el recorrido esté compuesto de las siguientes etapas:

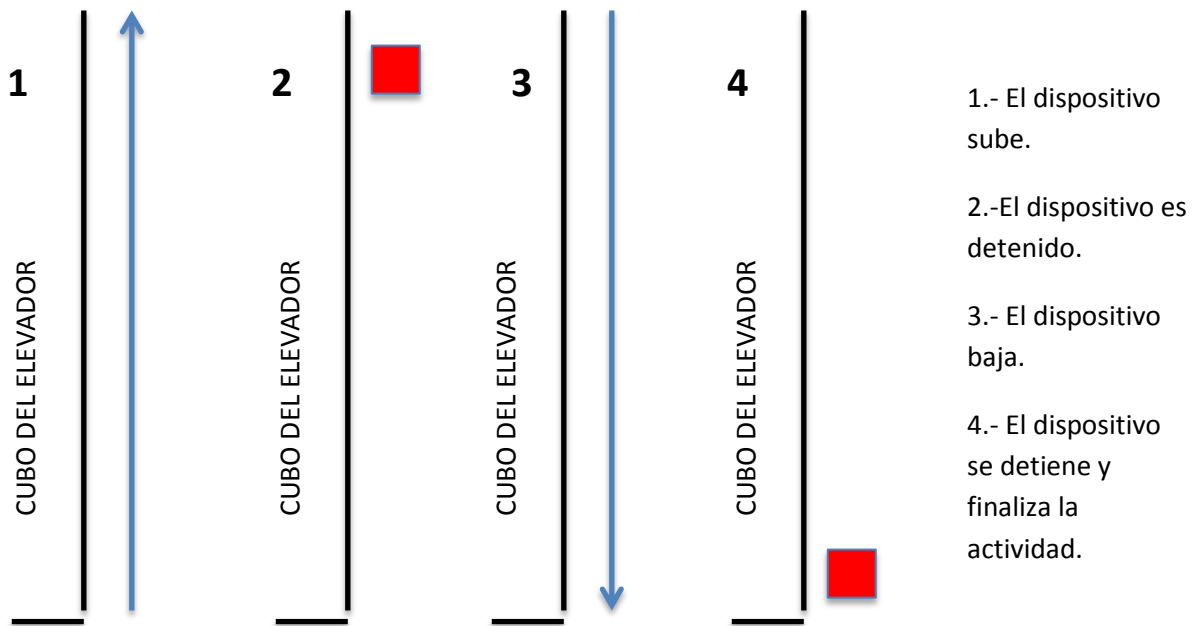


Figura 9.16 Diagrama que describe el recorrido del sistema.

Para limpiar otra cara del elevador es necesario remover el dispositivo de la cara ya limpia y colocarlo en otra a la que se le realizará la limpieza.

9.7 Aplicación móvil.

La aplicación móvil va a ser uno de los elementos fundamentales para la función del dispositivo. La programación para crear aplicaciones para sistemas Android es muy variada, por lo tanto las opciones para efectuar dicha acción son amplias. Aunque la más común se basa en programación Java y el uso de Eclipse, el Instituto Tecnológico de Massachusetts pone a disposición del público una herramienta en línea conocida como App Inventor.

App inventor es una herramienta basada en la nube, lo que significa que es posible crear las aplicaciones a través del navegador web. Además, está complementado con el apoyo de Google Inc.[®], por lo que a través de una cuenta de gmail, podemos almacenar nuestra información en la red sin mayor dificultad. La página de App Inventor cuenta con tutoriales y programas de prueba que permiten al desarrollador novato familiarizarse con la interfaz y crear gran cantidad de aplicaciones, aprovechando las capacidades de un dispositivo portátil como una tablet o un smartphone [27].

Una de las ventajas que proporciona el App Inventor es el tipo de programación que ofrece, que es una programación por bloques funcionales (Fig. 9.18). Los bloques funcionales sustituyen las líneas de código que usualmente se acostumbran, y permiten una programación más sencilla y rápida, teniendo bloques para funciones tales como for, if, do-while, etc. [28] y bloques para explotar las funciones del dispositivo móvil, tales como el micrófono, la cámara, la comunicación a través de internet, la comunicación Bluetooth, entre otras.

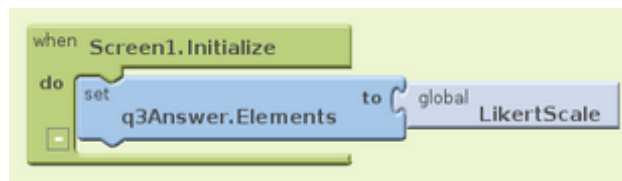


Figura 9.17 Ejemplo de un bloque funcional del MIT App Inventor.

Para la aplicación del sistema, se opta por una cuyo uso sea intuitivo y contenga únicamente las funciones deseadas, además de algunas otras ventanas, tales como la de inicio o aquellas que indiquen los autores de la misma. Mediante un sencillo diagrama se puede detallar la estructura de la aplicación.

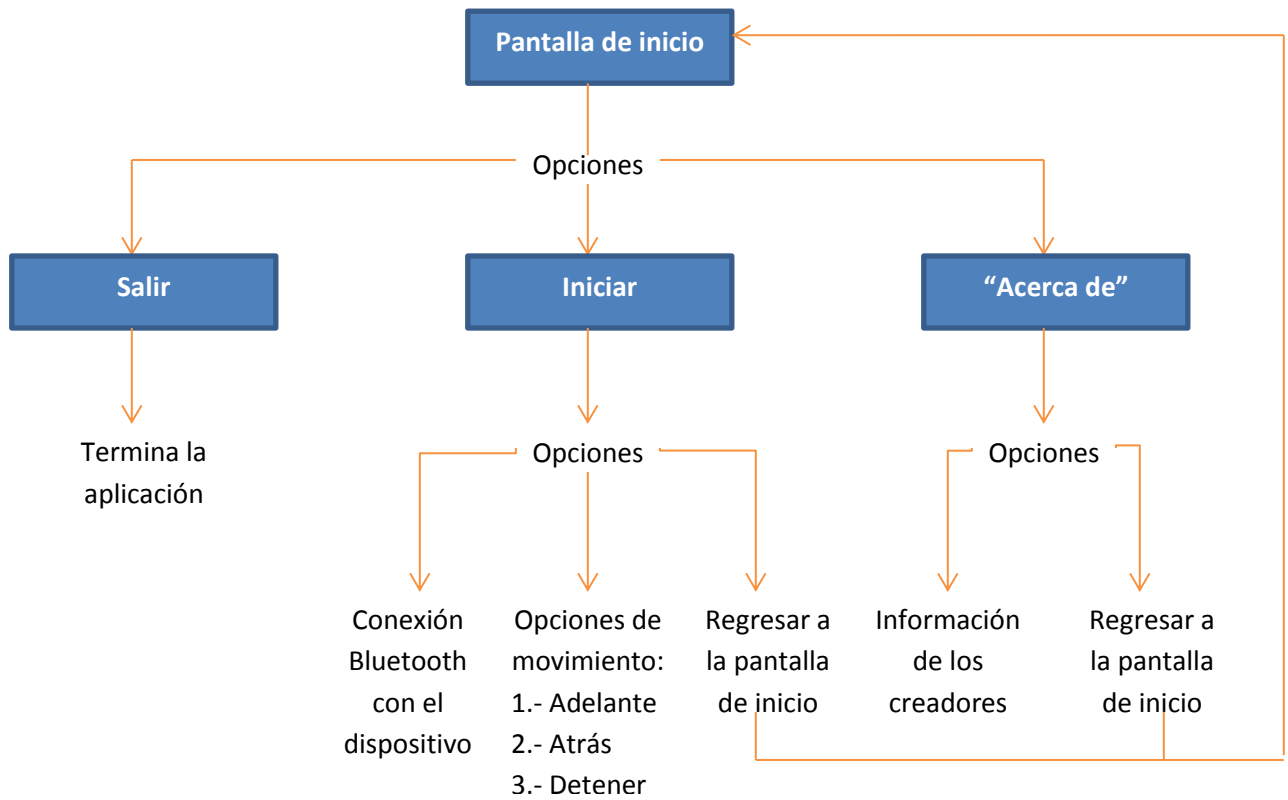


Figura 9.18 Diagrama de la estructura de la aplicación móvil.

Una vez desarrollado el diagrama de estructura, se puede ver de manera gráfica las pantallas de la aplicación móvil en la figura 9.20, en donde se aprecia la interacción entre ellas y la función de cada botón al momento de accionarlo.

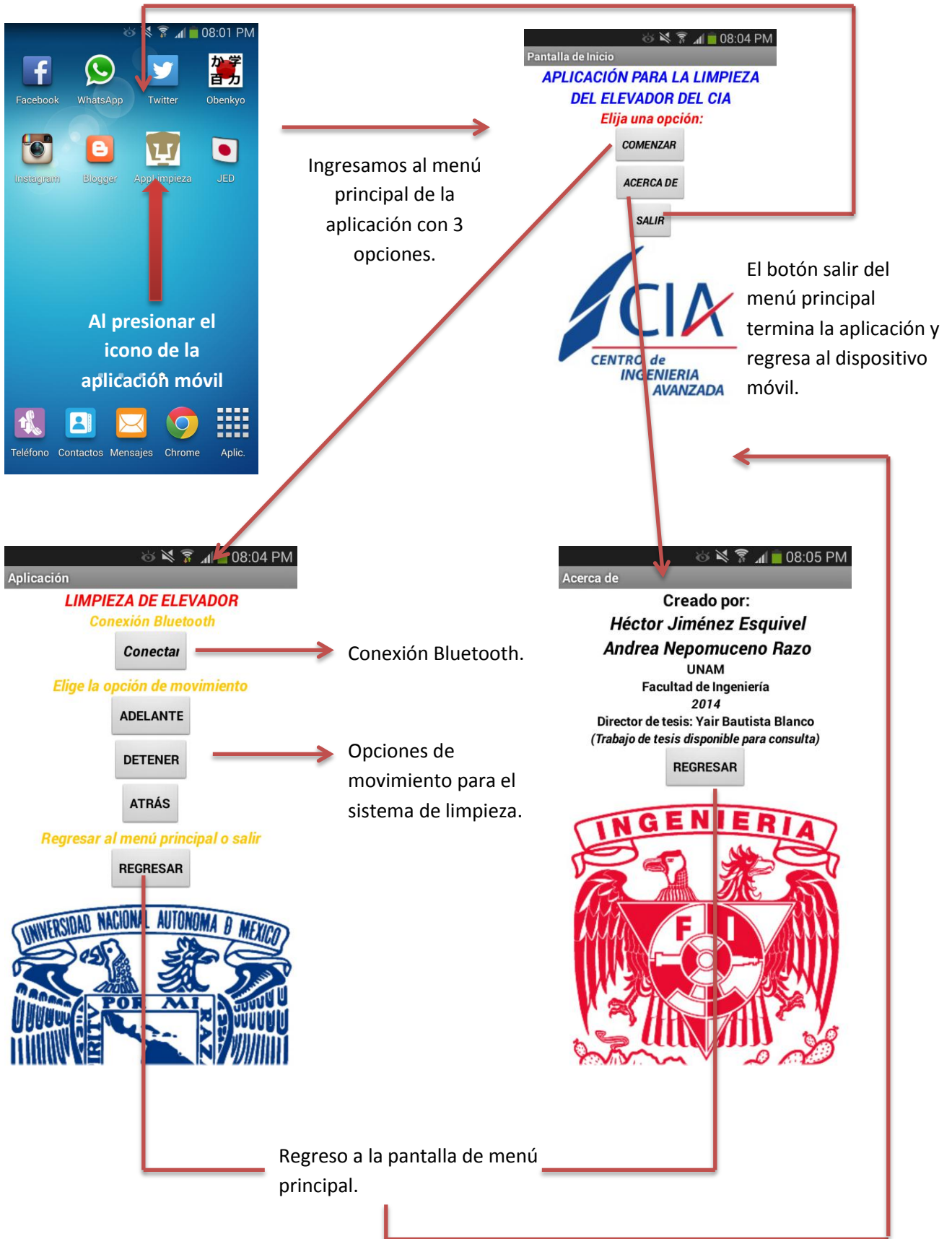


Figura 9.19 Interacción entre las pantallas de la aplicación móvil.

La aplicación móvil debe de coordinarse con la programación del microcontrolador (Anexo 2), por lo que se tiene cuidado que las funciones utilizadas en los bloques funcionales sean los mismos utilizados en la programación de Arduino (es decir, si se utiliza un for en App Inventor, también debe utilizarse en el software de Arduino).

Una vez establecido el diseño de detalle, se pasa al modelado del sistema, en el cual los subsistemas interactuarán para la función y se propondrá una apariencia propia para el dispositivo.



10. Modelos.

Los modelos tienen dos propósitos: el primero es conocer como están interactuando los sistemas del dispositivo una vez que están integrados en el sistema total, el segundo permite dar una idea de cómo se vería el limpiador una vez que, dado el caso, llegara a la etapa de prototipo.

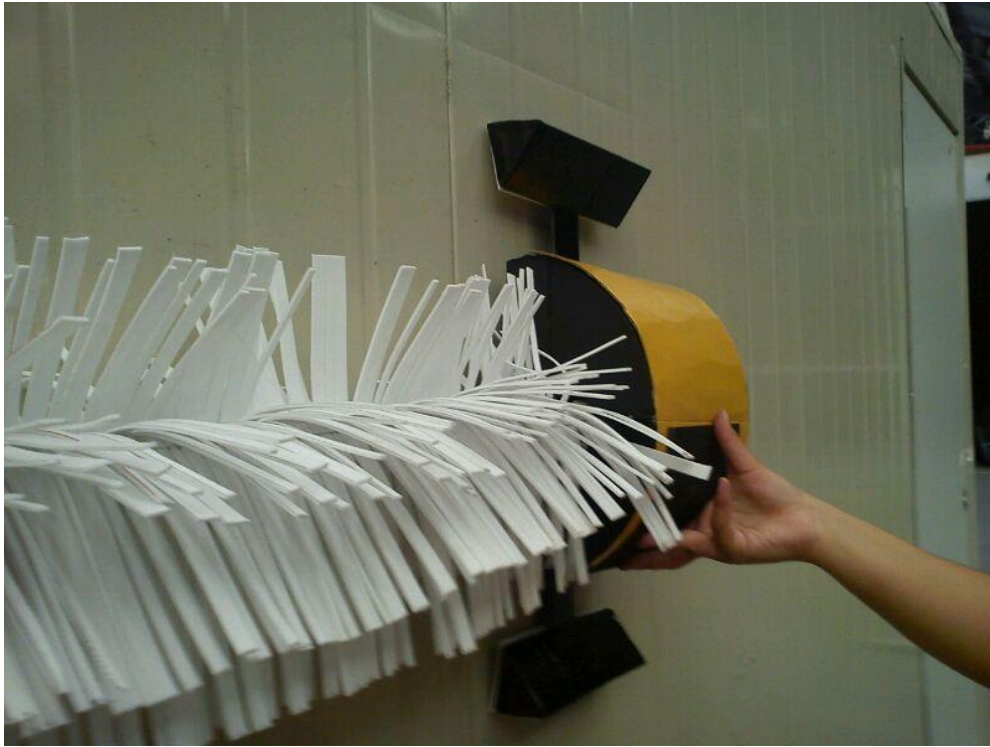
Los modelos que se realizaron para el propósito del presente trabajo son de apariencia y funcionalidad.

10.1 De apariencia.

Los sistemas que conforman al dispositivo deben estar, en su mayoría, contenidos dentro de alguna carcasa o contenedor, y dentro de ésta, tendrán la interacción que permite el funcionamiento. El modelo de apariencia da una idea de cómo estará conformado el dispositivo una vez que éste pase a ser un prototipo o bien un producto terminado, pero esto no significa que este modelo estará hecho con los materiales finales. El modelo de apariencia puede hacerse con cualquier tipo de material, preferentemente de desecho, como papel, cartón o plástico, lo cual facilita su construcción y manipulación. La figura 10.1 muestra una serie de imágenes en donde se plasma el concepto elegido y su distribución propuesta.



(a)



(b)



(c)

Figura 10.1 Modelo de apariencia.

Las imágenes anteriores muestran el modelo de apariencia del dispositivo de limpieza. El sistema está conformado por dos “carritos” que realizarán el movimiento. La figura 10.1 (a) detalla a uno de los carritos, el cual, en una de sus caras, posee los elementos que identifican a los botones de encendido y apagado además de una propuesta de señalización de batería, identificada con el círculo azul que se encuentra en medio.

La figura 10.1 (b) muestra el otro lado del dispositivo con un carrito similar al primero, pero además tiene el detalle de la conexión entre carritos por medio del rodillo limpiador. Finalmente, la figura 10.1 (c) es la que detalla la manera en que el dispositivo será colocado en la pared del elevador, y el tamaño que tendrá.

Aunque no lo demuestre en las imágenes de la figura 10.1, los carritos contendrán los sistemas de movimiento, fijación, procesamiento y alimentación.

10.2 De funcionalidad.

El modelo funcional es aquella configuración de elementos que permitirá hacer pruebas físicas con los sistemas ya ensamblados e interactuando entre sí. En la siguiente imagen (Fig. 10.2) se observan las partes que conforman el modelo:

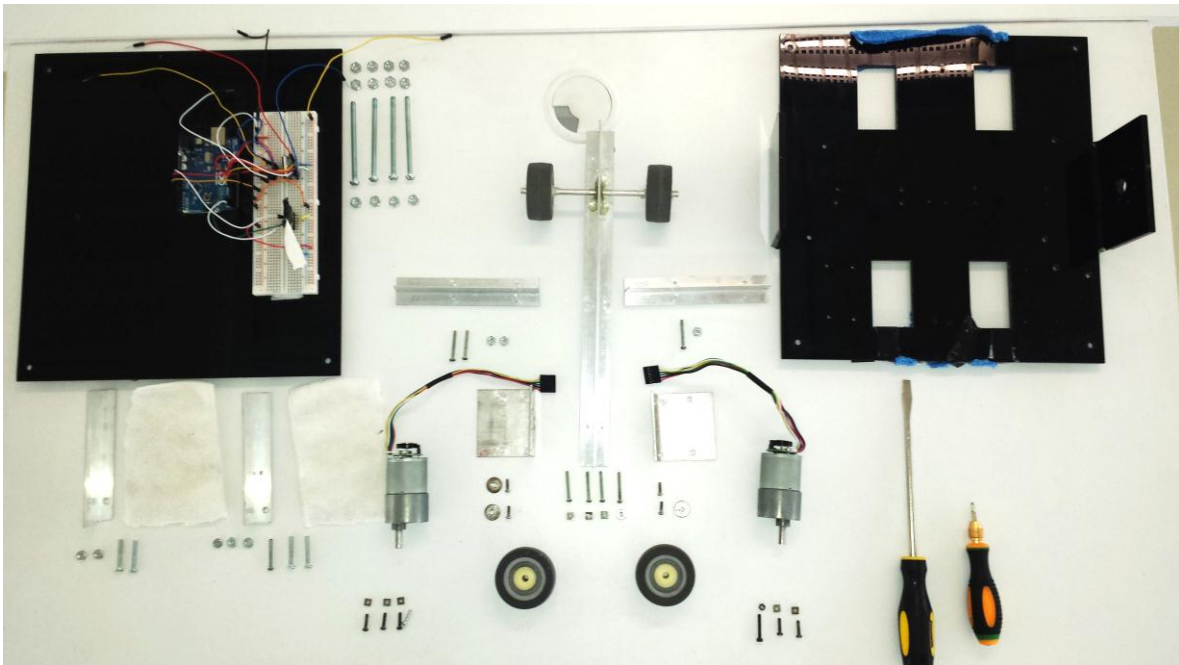


Figura 10.2 Piezas que conforman el modelo funcional.

La tapa y la base están hechas de acrílico, siendo la base (Fig. 10.2) diseñada con un programa de CAD (SolidEdge®) y cuyos planos (Anexo 3) se utilizan para hacer el corte láser y obtener los espacios de los motores, y las paredes del dispositivo. Las paredes se doblan con el uso de una resistencia y aire comprimido con el propósito de enfriarla de manera inmediata.



Figura 10.3 Base del dispositivo limpiador.

La base de acrílico tendrá en su parte inferior los imanes de neodimio que conforman el sistema de sujeción (Como se describió en el capítulo 6). Estos elementos están distribuidos de acuerdo a como se consideró pertinente durante las pruebas físicas (Fig. 10.5), es decir, que permitieron que la base no se moviera al momento de colocarla en el cubo del elevador.

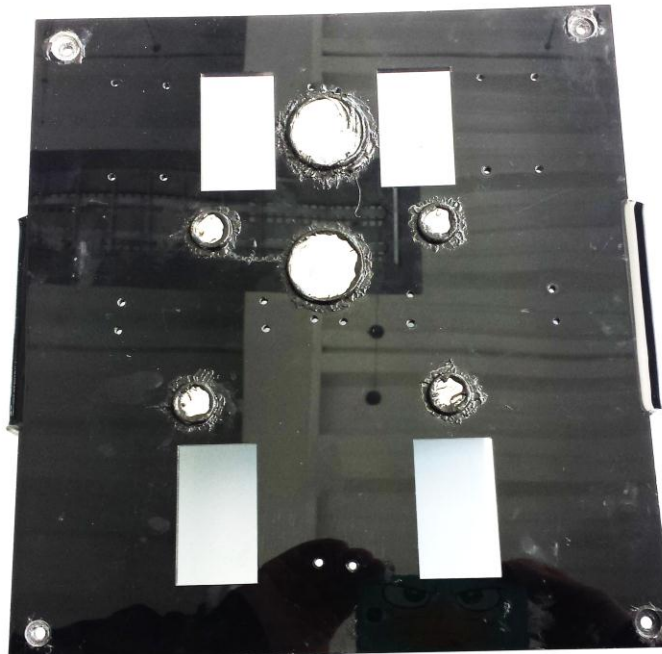


Figura 10.5 Disposición de los imanes de neodimio.

La fuerza de atracción generada por los imanes hacia la pared metálica del elevador podría provocar que la estructura de acrílico se doble y no permita el movimiento, por lo que se agrega una estructura de metal hecha con perfiles de aluminio (Fig. 10.6) que le dan fuerza a la base y contrarrestan los efectos negativos a causa de los imanes de neodimio.

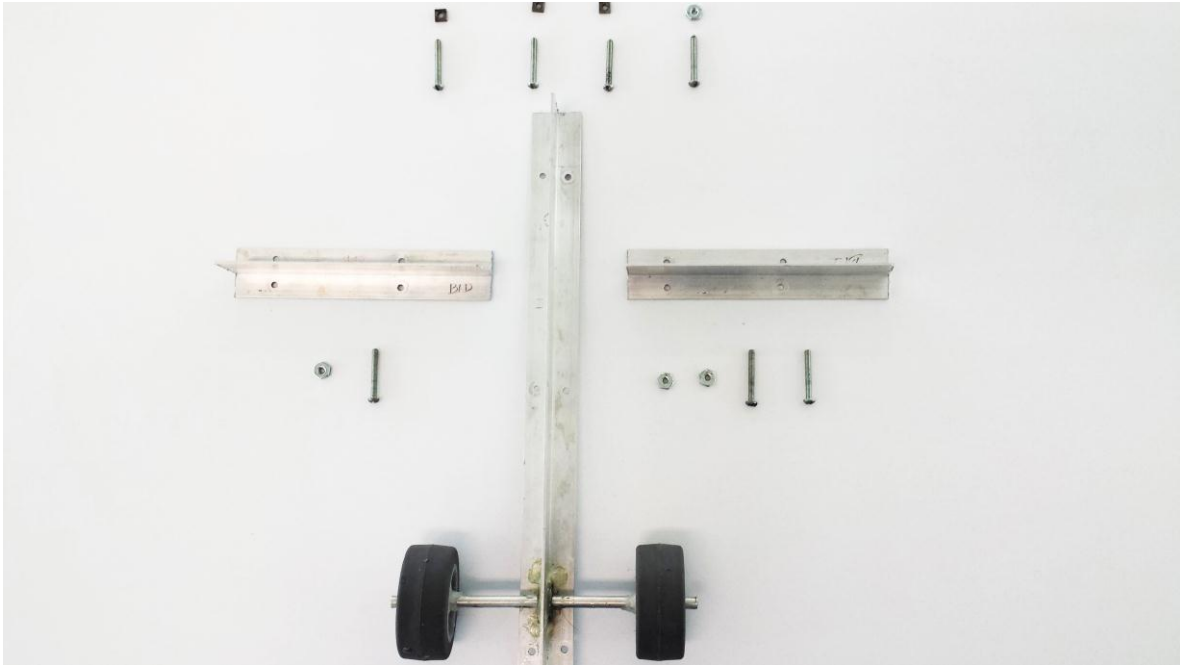


Figura 10.6 Esqueleto de aluminio de la base.

Como se puede observar en la imagen, se agrega en el perfil central, un rodamiento de 6 mm con un eje de aluminio para anexar las ruedas traseras que son parte del sistema de movimiento. Hablando de este sistema, los motores requieren de bases (Fig. 10.7) que serán colocadas en el acrílico, por lo cual se da a la tarea de fabricarlas con una lámina de aluminio, mediante el uso de un cortador. Los motores serán los que tendrán acopladas las ruedas delanteras para completar el sistema de movimiento del dispositivo (Fig. 10.8)

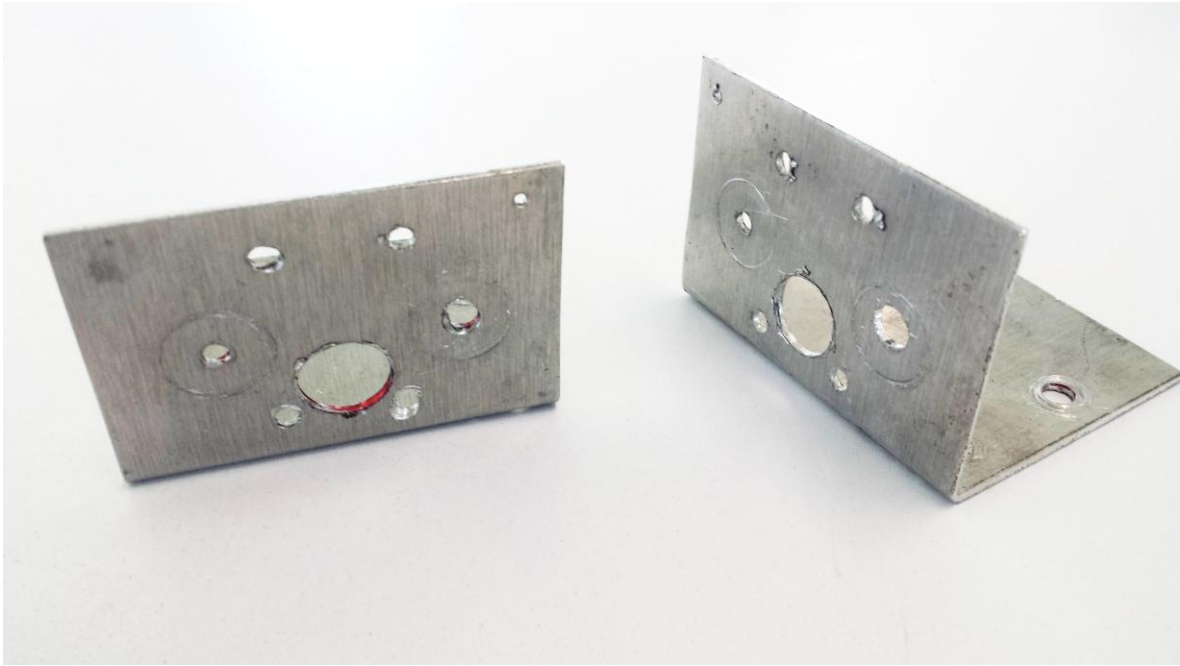


Figura 10.7 Bases para el motor.

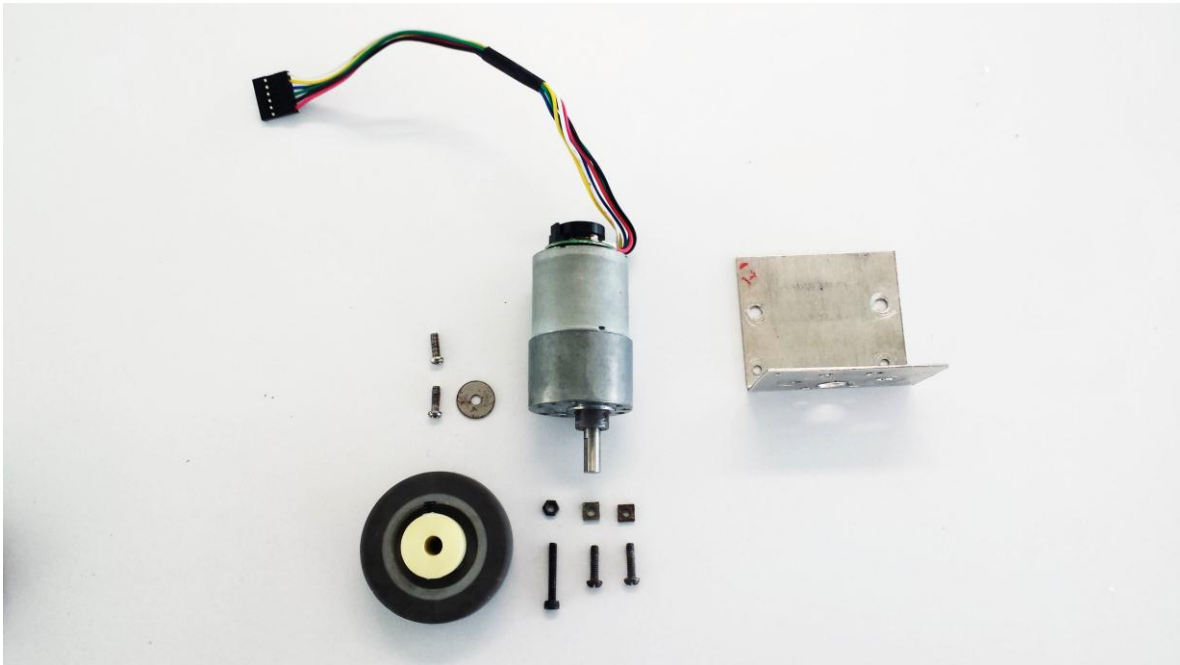


Figura 10.8 Motor con rueda delantera y su base.

La tapa del dispositivo será la que sostendrá la protoboard y el microcontrolador Arduino® UNO que forman parte del sistema de procesamiento (Fig. 10.9). La protoboard a su vez contiene el circuito integrado L298D y el módulo Bluetooth, así como el regulador de Voltaje que se comunicará con la batería. Estos elementos estarán en la parte inferior de la tapa y no se verán cuando se realicen las pruebas físicas.

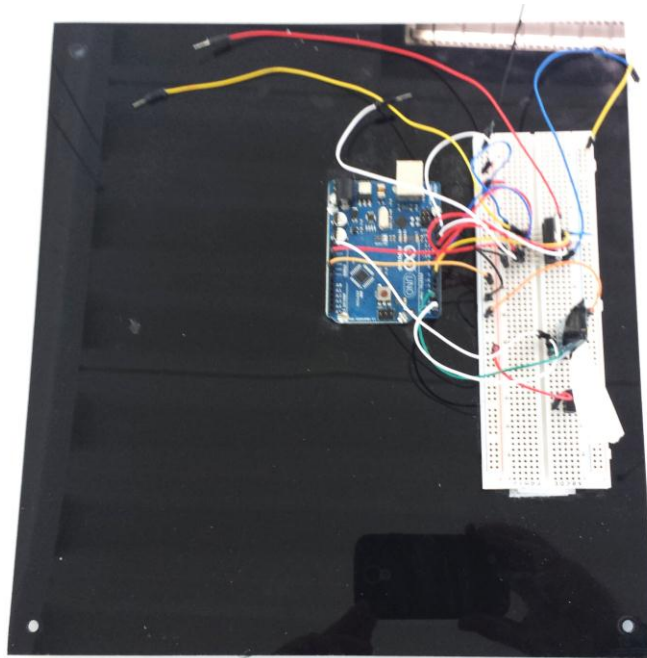


Figura 10.9 Parte inferior de la tapa con la protoboard y el microcontrolador Arduino.

La parte superior sostendrá el cargador de laptop que funge como acondicionamiento de la alimentación, el cual estará sujeto a la base con ayuda de tiras de velcro (Fig. 10.10), esto con el propósito de separar el cargador del dispositivo cuando éste se desensamble.

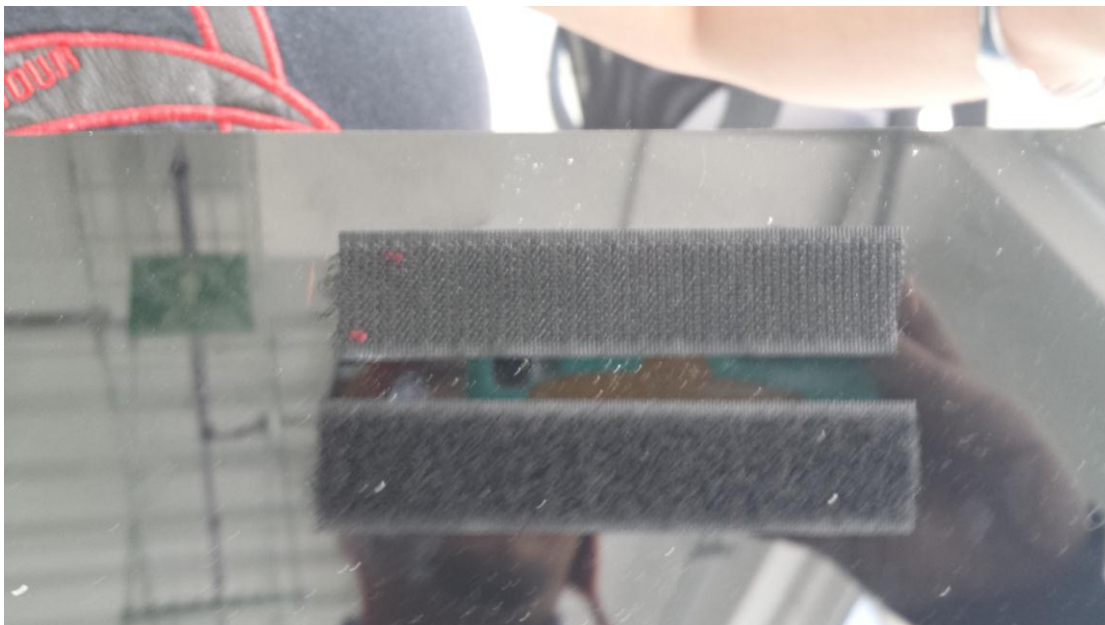


Figura 10.10 Tiras de velcro para la sujeción del eliminador.

Una vez identificados estos elementos, observamos su interacción una vez ensamblados en la imagen siguiente (Fig. 10.11).

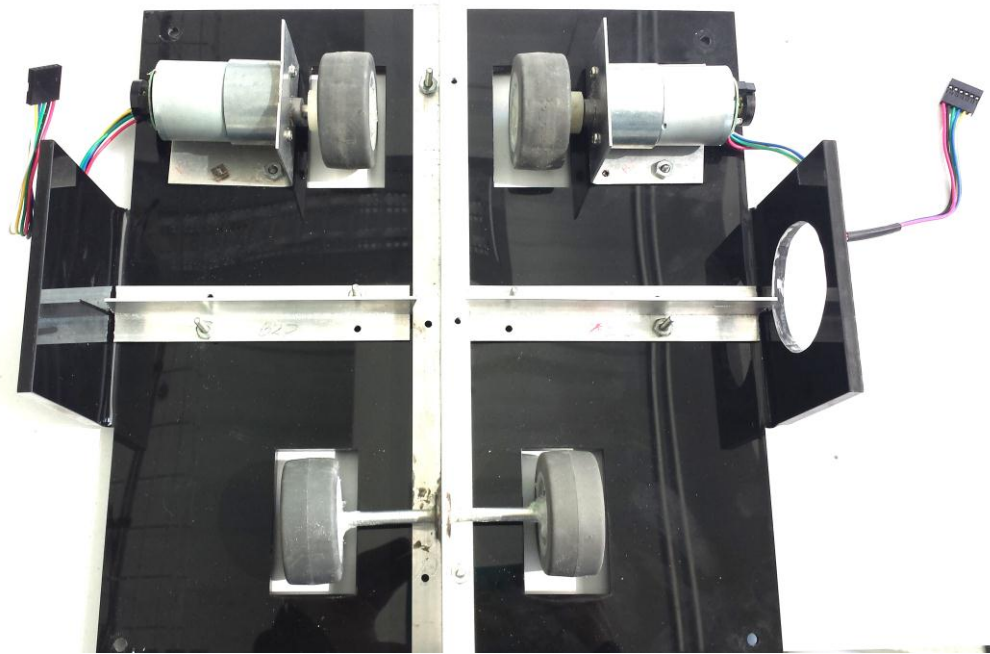


Figura 10.11 Sistemas ensamblados.

Se tienen 2 de estos dispositivos para la conjunción del sistema de limpieza, cada uno colocado en una de las dos vigas que conforman la pared del elevador del CIA.

El movimiento recto debe ser apoyado por unas guías hechas de aluminio que están colocadas en la parte inferior de los dispositivos (Fig. 10.13). Estas estarán cubiertas por pedazos de microfibras lo que ayudarán a limpiar las orillas por donde estos pasen.



Figura 10.13 Guías de aluminio y sus cubiertas de microfibras.

El modelo de funcionalidad permite la realización de pruebas en la pared del elevador, las cuales son necesarias para el cumplimiento de los objetivos planteados al inicio de éste trabajo, los cuales incluyen la validación del sistema.



11. Pruebas.

Las pruebas permiten validar el funcionamiento de los sistemas que conforman el dispositivo en su totalidad, además de que permiten dar una idea del cumplimiento de los objetivos planteados al inicio. Las pruebas que conforman este capítulo, están divididas en 3 grupos: movimiento, limpieza y el uso de la app.

11.1 Pruebas de movimiento.

Se realizan dos etapas para las pruebas de movimiento: la primera se efectúa únicamente con los carritos colocados en las vigas metálicas del elevador y la segunda instalando el limpiador entre los dos carritos. Esto se piensa así de tal manera que se pueda tener una visualización más clara del movimiento de los elementos del dispositivo bajo algunas condiciones en las que se podría encontrar.

Para la primera prueba, los carritos por separado deben moverse a lo largo de un piso con el menor número de interrupciones. Así pues, una vez colocados en sus posiciones, se activan con el uso de la aplicación móvil y se observan sus movimientos.

El sistema de alimentación a través de la toma de corriente y la tracción de las llantas que conforman el sistema de movimiento permite el movimiento deseado de ambos “carritos”. Uno de los elementos agregados para la correcta movilidad fue la adición de unas guías de aluminio que permite un trayecto recto de manera vertical. Una de las observaciones respecto a esta situación es que las vigas no tienen el mismo ancho debido a que sus vértices son redondeados y podemos suponer que el proceso de manufactura mediante el cual fueron realizados no posee la repetibilidad necesaria para que dichos redondeos sean lo suficientemente uniformes, por lo que, para poder limpiar otra pared del elevador las guías deben poder modificar su posición y así poder adaptarse a las vigas según sea necesario.

Uno de los cambios significativos, fue la nueva posición de dos imanes de neodimio, de 3 cm de diámetro, por cada carrito; esto se realizó ya que las llantas no se encontraban lo suficientemente pegadas a las vigas y con esto aseguramos un mejor contacto por más tiempo, a pesar de los movimientos de los carritos.

Para la segunda prueba, el limpiador (el rodillo) es colocado en ambos carritos y se ve el movimiento de los carritos con ese peso añadido. Con esta prueba se pudo observar que el accesorio es demasiado pesado para el dispositivo y no permitía el movimiento del mismo (Fig. 11.1). Por lo tanto, se decidió cambiar a un limpiador más ligero con una estructura conformada por ejes de aluminio de 6 [mm], hule espuma y microfibra (Fig. 11.2).



Figura 11.1 Pruebas con un rodillo como accesorio de limpieza.



Figura 11.2 Pruebas con un limpiador más ligero.

Al realizar las pruebas con este nuevo limpiador se advirtió que un sistema de control para que los carritos fueran sincronizados no era necesario ya que el limpiador, al estar sujeto a los dos dispositivos, y las guías que tienen no permiten que un carrito avance demasiado. En caso de que un cochecito se mueva un poco más que el otro las restricciones antes mencionadas le impiden el movimiento vertical deteniendo al carrito en su lugar esperando a que el otro vaya avanzando.

11.2 Pruebas de la aplicación.

Para esta prueba se conectaron los “carritos” a la toma de corriente y éstos se colocaron en el piso. El propósito principal de la prueba es verificar el funcionamiento de la aplicación en el dispositivo Android elegido (en este caso, un teléfono Samsung® modelo GT-I9500) y la comunicación Bluetooth entre éste y el módulo del microcontrolador Arduino®.

Se inició la aplicación en un celular (Fig. 11.3) , y una vez que aparecen los botones a seleccionar en la aplicación de prueba (Fig. 11.4) se seleccionó el botón “Conectar”, se esperó un momento en lo que los módulos bluetooth de los carritos se comunicaron al del celular; en la aplicación se ve cómo el botón de “Conectar” se ensombrece cuando esto sucede; de no ser así, el sistema operativo Android indica con un mensaje en pantalla que el módulo no se encuentra encendido (Fig. 11.5), en este caso es necesario revisar la conexión con el eliminador de baterías o bien, entre el módulo y el microcontrolador Arduino.

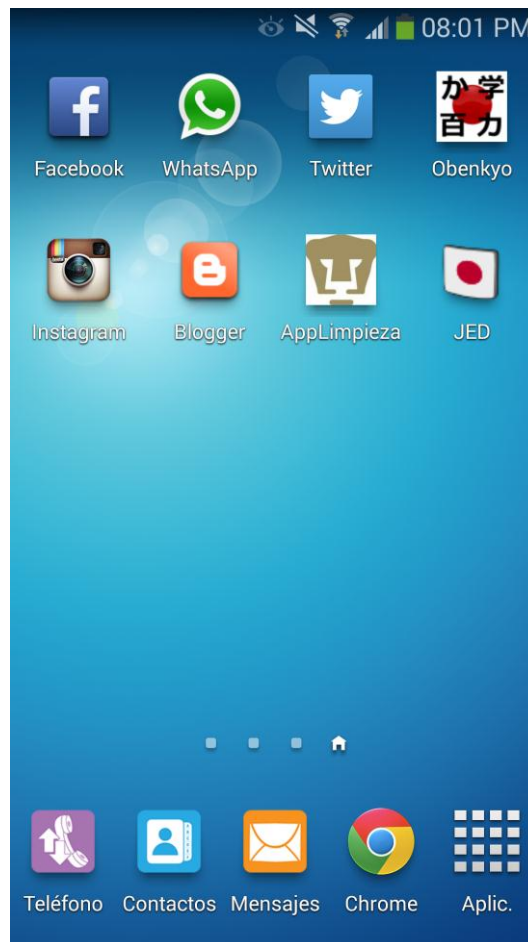


Figura 11.3 Icono de prueba de la aplicación móvil (Segunda fila de aplicaciones, Tercera de izq. a der.).



Figura 11.4 Interfaz de prueba de la aplicación móvil del dispositivo de limpieza.

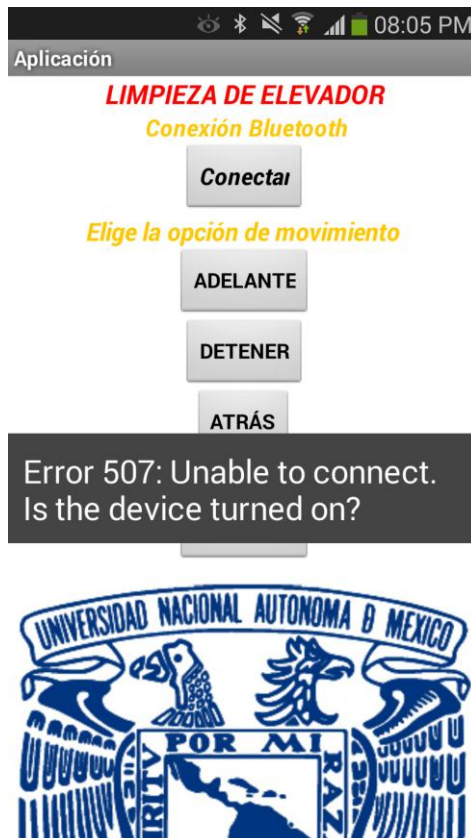
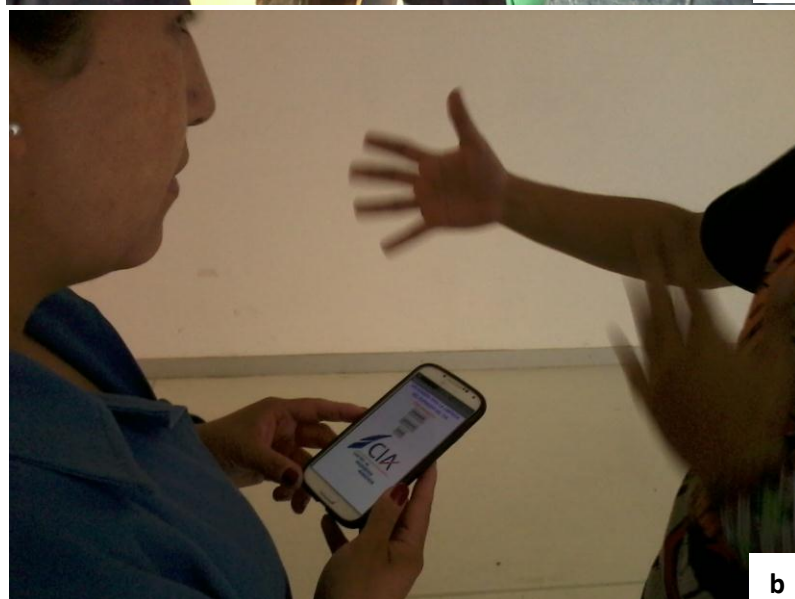


Figura 11.5 Mensaje de error de comunicación entre la app y el módulo Bluetooth.

A continuación se presionan los botones “Adelante”, “Detener” y “Atrás” en ese orden y con un tiempo de separación lo suficientemente amplio como para verificar que los carritos realizan los movimientos que indican las etiquetas de los botones de la aplicación. Enseguida, se efectúan los movimientos en sentido contrario (Atrás, Detener y Adelante) y finalmente se sale de la aplicación con el botón correspondiente.

Una vez terminada esta secuencia, se efectúa nuevamente para dar cuenta de la repetitividad de la correcta comunicación entre los dos dispositivos. Se hace hincapié en el tiempo que se toma para apretar los botones debido a la velocidad de respuesta entre la aplicación, el módulo y los motores, asunto que se trató en el capítulo 5 del presente trabajo.

Habiendo terminado esas pruebas se procede a realizar una entrevista con el personal de intendencia, profesores y alumnos que laboran en el edificio (Fig. 11.6) para conocer su opinión sobre la facilidad de uso de la aplicación con una mínima explicación, esto con el fin de saber si la app es de fácil uso como se mencionó en el capítulo 4.



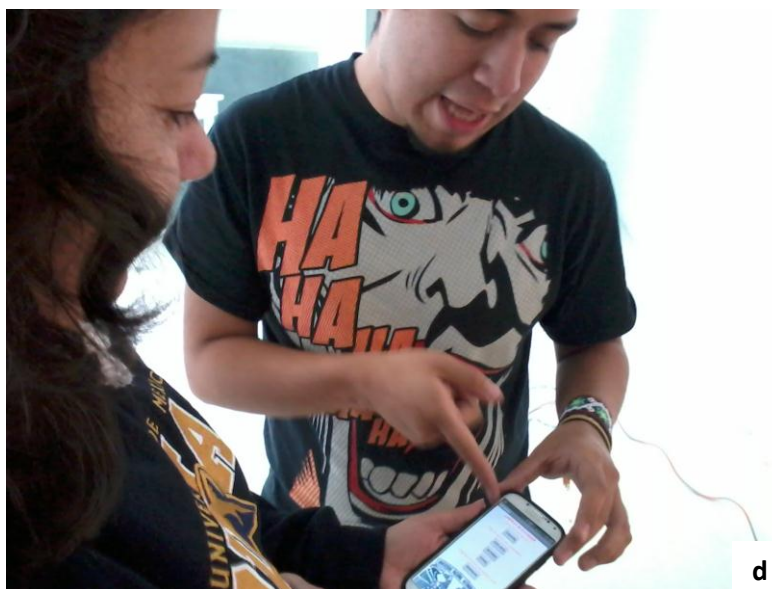


Figura 11.6 (a) Explicación sobre la app con el personal de intendencia, (b) Empleados usando la aplicación, (c) Opinión de los empleados sobre la aplicación, (d) Entrevista con una profesora sobre el uso de la app.

Gracias a estas entrevistas se notó que la aplicación sí es de fácil uso ya que la gente no tenía ningún problema al momento de accionar el dispositivo a través de la app además de que el diseño fue del agrado de las personas entrevistadas.

11.3 Pruebas de limpieza.

Las pruebas de limpieza se basaron en el uso de un rodillo, de un limpiador por separado y un limpiador de dos caras.

Para la primera etapa, el rodillo está conformado por partes de mop convencional que rodean un cuerpo de espuma y un tubo extensible de metal. Este limpiador se utiliza con el sistema de rodamiento y motor incluidos en el carrito. Sin embargo, al hacer la prueba con este sistema, se observa una inestabilidad que afecta en su totalidad el funcionamiento del dispositivo, ya que el dispositivo es demasiado pesado (Fig. 11.1).

Se decidió cambiar el método de limpieza, que a diferencia del accesorio anterior ya no se tiene un rodillo, ahora se optó por microfibra simulando un jalador o un mop pero de longitud necesaria para poder limpiar el costado del elevador. El hecho de que sea de ésta nueva forma es para tener un mejor contacto con la superficie a limpiar, sin embargo, la ligereza del material con el que se realizó hacía que el limpiador tuviera movimientos incontrolados y por lo tanto no se podía limpiar la superficie como era deseado (Fig. 11.2).

Para mejorar este inconveniente, se le colocó al limpiador un “esqueleto” de hule espuma para darle un poco más de peso y forma y así asegurar que el limpiador toque la superficie a limpiar en todo momento. Además se colocó otro tipo de tela en la parte trasera del accesorio para poder tener un elemento reversible, así un lado de éste puede humedecerse con agua o un limpiador líquido previo a su colocación e ir limpiando las paredes del elevador, mientras que el otro puede secar realizando un segundo recorrido (Fig. 11.7).



Figura 11.7 Limpiador de dos caras.

Sin embargo, el limpiador seguía teniendo movimientos incontrolados por lo que no se podía realizar la limpieza adecuadamente.

Así que finalmente se optó por realizar un dispositivo, con hule espuma y microfibra, que se auxilie de ejes de aluminio de 6 [mm] de diámetro para poder presionar el limpiador contra la pared y de esta manera se asegura el contacto y por lo tanto la limpieza de la superficie (Fig. 11.8).



Figura 11.7 Limpiador final.

Para probar la eficiencia del nuevo accesorio se colocó un poco de tierra húmeda en las paredes del elevador, se colocaron los carritos, se adaptó el accesorio de limpieza y se accionó el dispositivo. Al terminar el recorrido, de un nivel, se ve que la tierra ha sido removida y se ha quedado en la tela del limpiador (Fig. 11.8).

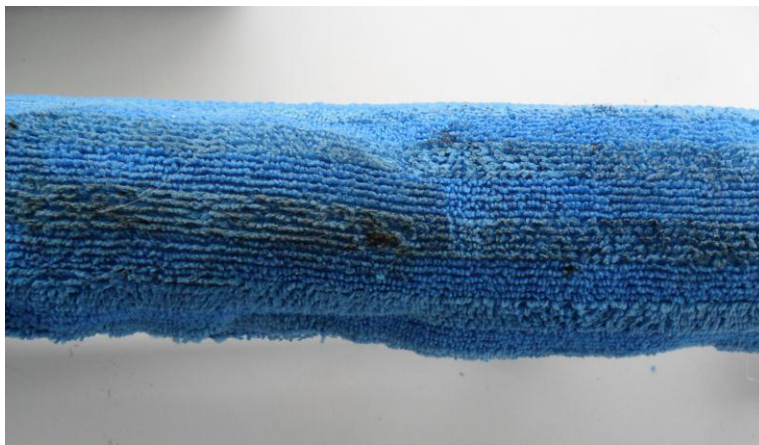


Figura 11.8 Tierra removida por el limpiador.



12. Resultados.

A continuación se presenta un desglose de lo logrado por este trabajo:

1. Aprendizaje de procedimientos adecuados para la estructuración de una aplicación móvil, aprovechando las herramientas que pueden hallarse en la red.
2. Satisfacción de la mayoría de las necesidades y las restantes con la posibilidad de cumplirse a través del trabajo a futuro.
3. Mejora en el tiempo de limpieza utilizando un dispositivo que permite la interacción con las personas encargadas de esta labor.
4. Obtención de un sistema versátil que permite realizar una labor con mayor facilidad
5. Reducción en los riesgos laborales al intentar realizar esta actividad.
6. Obtención de un sistema de comunicación entre un dispositivo físico y su control a través de la aplicación móvil.

Una vez realizadas las pruebas, se determina la fabricación de un limpiador ligero y con suficiente contacto en la parte media del mismo para lograr eliminar la mayor cantidad de suciedad en las caras del cubo del elevador. Asimismo, el sistema de alimentación requiere ser conectado a la toma de corriente, ya que aún no se hallan las baterías que satisfagan en su totalidad los requerimientos del dispositivo relacionados con el tiempo de limpieza.

Aunque las pruebas se realizaron en una de las paredes el cubo del elevador del edificio, habiendo terminado los recorridos que conformaron las pruebas, se puede afirmar que la misma acción puede llevarse a cabo en las paredes restantes del cubo.

La aplicación móvil fue puesta a prueba con aquellas personas que estarán interactuando con el sistema de limpieza y se observa que la configuración de la interfaz es sencilla de comprender y de manipular, lo que evita la necesidad de un entrenamiento o previo o algún tipo de manual.

Aquellas consideraciones no expuestas en los resultados, son aquellas áreas de oportunidad que pueden ser aprovechadas en alguna nueva iteración para el dispositivo en cuestión.



13. Trabajo a futuro.

Con los resultados obtenidos, se tiene una gran cantidad de posibilidades para la expansión del trabajo, en caso de que se busque realizar una segunda etapa del mismo. Entre los puntos a destacar para el trabajo a futuro se encuentran:

1. Agregar un sistema de suspensión y amortiguamiento para evadir algunos obstáculos presentes en ciertas caras del cubo del elevador.
2. Aumentar la capacidad del dispositivo a otras zonas del edificio, en especial el techo del quinto piso, compuesto principalmente de cristales.
3. Colocación de un aspersor y uso de líquidos de limpieza para eficientar el sistema.
4. Análisis ergonómico del dispositivo a favor de una mejor interacción con el usuario.
5. Aprovechar el tipo de secuencia de pasos que se tiene en el uso del dispositivo (adelante, detener, atrás y viceversa) con el propósito de que más gente lo utilice (personas con capacidades diferentes por ejemplo, Síndrome de Down).
6. Modificar la parte mecánica del dispositivo de limpieza, ya que el elevador cuenta con unas “hendiduras” (Fig. 11.1) donde el polvo se acumula, por lo que se espera que en un futuro el rodillo pueda introducirse en esas vigas y limpiar más a fondo ese lugar.



Figura 13.1 Viga donde se acumula el polvo en el elevador.

7. Profundización en la búsqueda de baterías para mejorar el sistema de alimentación para eliminar la dependencia del dispositivo a la toma de corriente común.
8. Hacer un sistema de guías adaptable al redondeo de cada viga, permitiendo una variación en el ancho del mismo.
9. Flexibilidad para poder utilizar el dispositivo en otros elevadores, de diferentes dimensiones, formas y materiales.



14. Conclusiones.

Mediante el uso de varios enfoques de diseño, se obtuvo un modelo funcional de un dispositivo limpiador para una cara del elevador del Centro de Ingeniería Avanzada (CIA) que cumple con la mayoría de las necesidades planteadas y que se plantean posibles soluciones para las necesidades cuyas áreas de oportunidad aún son variadas.

La investigación sobre dispositivos de limpieza permitió tener un conocimiento sobre el estado del arte de la tecnología para limpiar que se encuentran en diferentes dispositivos y que proporcionaron algunas ideas a considerar para el sistema y que ayudaran a no dañar las superficies de trabajo.

Tener siempre en cuenta las necesidades y especificaciones del sistema fue de gran ayuda a la hora de elegir soluciones, de esta manera las soluciones siempre fueron cuidadosamente seleccionadas cuidando siempre peso, tamaño, dimensiones y que no pudieran representar algún daño (tanto para la estructura como para el usuario).

La realización de varias pruebas fue clave para demostrar que a veces una solución que parece ser la más viable, al final cuando las tecnologías se conjuntan, no funciona como se espera y se deben buscar otras soluciones que funcionen mejor con otros sistemas que es más complicado cambiar.

El desarrollo de una aplicación móvil, a pesar de tener una herramienta web para poder hacerlas más fácilmente, representó un gran reto ya que se tenían conocimientos básicos sobre éstas y sobre dispositivos bluetooth para poder hacer la conexión; sin embargo, se buscó la información necesaria para poder realizar esta parte del proyecto y al final se obtuvo una app que puede usar cualquier persona sin necesidad de un entrenamiento, que es algo que se buscaba desde un principio.

Por lo tanto se concluye que la propuesta generada fue adecuada y que los resultados son satisfactorios para cumplir con creces los objetivos planteados al inicio del proyecto.



15. Referencias.

- [1] Centro de Ingeniería Avanzada. <http://www.cia.unam.mx/> Consultada el día 20 de diciembre de 2013 a las 13:00 hr.
- [2] Enfermedades respiratorias provocadas por el polvo. http://www.paritarios.cl/especial_enfermedades_respiratorias.htm Consultada el 21 de abril de 2014 a las 12:00 hr.
- [3] Extensiones, limpiadores y equipos de limpieza Scotch Brite http://www.scotch-brite.cl/wps/portal/3M/es_CL/GlobalScotch-BriteBrand/Scotch-Brite/Products/Catalog/ Consultada el 20 de abril de 2014 a las 16:00 hr.
- [4] Branch, Allan C. *“Case Study of a Floor Cleaning Robot”*.
- [5] Prassler, Erwin. *“A Short History of Cleaning Robots”*.
- [6] Características de los filtros HEPA. <http://www.epa.gov/ttn/catc1/dir2/ff-hepas.pdf>. Consultada del día 15 de enero de 2014 a las 16:00 hrs.
- [7] “App” voted 2010 word of the year by the American Dialect Society. <http://www.americandialect.org/app-voted-2010-word-of-the-year-by-the-american-dialect-society-updated>.
- [8] Ford, J. *“La historia de las primeras aplicaciones creadas para el iPhone”*. <http://aplicantes.com/historia-primeras-apps-iphone-2007/> Consultada el 25 de abril de 2014 a las 15:00 hr.
- [9] Balderas, A. *“Aplicaciones móviles, un mercado de gran crecimiento en México y en el mundo”*. <http://www.intellego.com.mx/es/noticias/aplicaciones-moviles-un-mercado-de-gran-crecimiento-en-mexico-y-en-el-mundo>. Consultada el día 20 de noviembre de 2013 a las 17:00 hr.
- [10] Mendieta, S. *“Android gana mercado en México”*. http://www.milenio.com/negocios/Android-gana-mercado-Mexico_0_163183709.html. Consultada el 3 de octubre de 2013 a las 14:00 hr.
- [11] Lane, A. *“Robot Vacuum Cleaners: meet Roomba, Navibot and Hom-Bot”*. http://recombu.com/digital/news/robot-vacuum-cleaners_M10977.html. Consultada el día 29 de abril de 2014 a las 15:00 hr.
- [12] Bobleanta, V. *“Samsung expands Android apps to control air conditioners, cleaning robots and washing machines”*. <http://www.unwiredview.com/2012/03/05/samsung-expands-android-apps-to-control-air-conditioners-cleaning-robots-and-washing-machines/> Consultada el día 7 de octubre de 2013 a las 12:00 hr.
- [13] Karl T. Ulrich; *“Diseño y desarrollo de productos”*; Ed. McGrawHill, 4ta. Edición.
- [14] Borja, V, Reivich, A. *“Innovación de producto”*. Premio Nacional de Tecnología, 2006

- [15] Ulises, P. “*Metodología para diseño mecatrónico*”.
<http://132.248.9.195/pd2008/0625163/Index.html>. Consultada el día 1 de mayo de 2014 a las 14:00 hr.
- [16] Página oficial de Ideo. <http://www.ideo.com/> Consultada el día 1 de mayo de 2014 a las 14:30 hr.
- [17] Rodger, P. “*Diseño de producto*”. Editorial Promopress, España, 2011.
- [18] Definición de cliente. Real Academia Española Online <http://lema.rae.es/drae/?val=cliente/> Consultada el 6 de mayo del 2014 a las 12:00 hr.
- [19] Definición de usuario. Real Academia Española Online <http://lema.rae.es/drae/?val=usuario/> Consultada el 6 de mayo del 2014 a las 12:20 hr.
- [20] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. “*NOMS en materia de contaminación por ruido*”. <http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/nom-ruido>. Consultada el día 13 de mayo de 2014 a las 9:54 hrs.
- [21] “Módulo de alimentación para placas con dispositivos FPGA”
http://www.inti.gob.ar/microynanoelectronica/pdf/ModAlim_FPGA.pdf Consultada el día 20 de mayo de 2014 a las 18:38 hr
- [22] Dispositivos GAL. <http://electronicaintegradaunexpo.blogspot.mx/2008/02/gal-y-vhdl.html> Consultada el día 26 de mayo de 2014 a las 11:00 hr
- [23] Celdas Fotovoltáicas. <http://www.textoscientificos.com/energia/celulas>. Consultada el día 26 mayo a las 11:32 hr.
- [24] Ventiladores para compresores. <http://www.nederman.es/products/fans-and-vacuum-pumps> Consultada el día 26 de mayo del 2014 11:41 hr.
- [25] Características de algunos tipos de ventiladores
<http://www.pcsilencioso.com/es/articulos/silentpc/13/27?start=3> Consultada el día 26 de mayo del 2014 a las 11:41 hr.
- [26] Direcciones MAC. <http://www.ccg.unam.mx/en/uati/node/1400> Consultada el día 25 de abril del 2014 a las 19:00 hr.
- [27] Página del MIT App Inventor. <http://appinventor.mit.edu/explore/get-started.html> Consultada el día 15 de febrero del 2014 a las 19:00 hr.
- [28] App Inventor. <http://www.practicaldeveloper.net/2011/04/using-google-app-inventor-to-create.html> Consultada el día 25 de marzo del 2014 a las 18:40 hr.
- [29] Sharp® Cocorobo.
http://www.sharp.com.my/cocorobo/products/robotic_appliance/index.html. Consultada el día 25 de marzo del 2014 a las 19:00 hr.

[30] Cocorobo® App móvil.

http://www.sharp.com.my/cocorobo/products/robotic_appliance/tech/smartphone/index.html

Consultada el día 15 de febrero del 2014 a las 19:20 hr.

[31] Funcionamiento Neato® VX-21. Publicado por RobotAppStore el 3 de marzo de 2013.

<http://www.youtube.com/watch?v=t4ywkT5Qvy4> Consultada el día 15 de febrero del 2014 a las 19:30 hr.

[32] Dibujo técnico 2. <http://es.scribd.com/doc/80828362/dibujo-tecnico-2>. Consultada el día 13 de junio del 2014 a las 21:30 hr.

Referencias sobre dispositivos de limpieza de acuerdo a sistema:

Roomba®:

[1] Características del sistema Roomba. <http://megustalaroomba.com/2011/07/11/roomba-770-caracteristicas/> Consultada el 15 de noviembre de 2013 a las 14:00 hr.

[2] Dispositivos de limpieza. <http://www.decoesfera.com/tag/robots-de-limpieza> Consultada el 15 de noviembre de 2013 a las 14:30 hr.

Windoro®:

[1] Sistema de limpieza Windoro. <http://www.windorobots.com/en/> Consultada el día 15 de noviembre de 2013 a las 12:00 hr.

Samsung Navi-Bot®:

[1] Características del sistema de limpieza Navi-Bot® <http://www.samsung.com/es/consumer/home-appliances/vacuum-cleaner/navibot/VCR8855L3B/XEE-spec> Consultada el día 16 de noviembre de 2013 a las 13:00 hr.

LG Hom-Bot®:

[1] Características del sistema de limpieza Hom-Bot® <http://www.lg.com/es/robot-aspirador-hombot> Consultada el día 16 de noviembre de 2013 a las 13:30 hr.

Referencia de los videos de funcionamiento de los sistemas de limpieza

[1] SAMSUNG Navibot®. Publicado por *InspiringAds* el 26 de enero de 2012

http://www.youtube.com/watch?v=9y_I2XADKks Consultado el día 23 de abril de 2014 a las 18:00 hr.

[2] *Samsung NaviBot SR8845 im Test*. Publicado por *MacManiacs* el 13 de febrero de 2011 http://www.youtube.com/watch?v=FBhb98_WB1I Consultado el día 23 de abril de 2014 a las 18:30 hr.

[3] *Saugroboter im Test: LG Hom-Bot*. Publicado por *Dominic Goll* el 13 de febrero de 2013. http://www.youtube.com/watch?v=8m_Pr61EjIE Consultado el día 23 de abril de 2014 a las 18:45 hr.

[4] *LG - LrV5900 Hom-Bot Robot Vacuum Cleaner*. Publicado por *ExperienceLG* el 17 de septiembre de 2012 http://youtu.be/dhIP_1CvrSk Consultado el día 23 de abril de 2014 a las 19:00 hr.

[5] *Roomba® 700 series: Getting Started*. Publicado por *Witt A/S* el 13 de noviembre de 2011 <https://www.youtube.com/watch?v=2hpnBhMUFds> Consultado el día 23 de abril de 2014 a las 19:15 hr.

Referencia de imágenes

Aquellas imágenes no referenciadas fueron capturadas por los autores del presente trabajo.

Tabla 3.1. Escoba y recogedor. Pág. 10. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:00 hr. http://www.proful.net/files/producto/foto_502.jpg

Tabla 3.1. Escoba eléctrica. Pág. 10. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:01 hr. <http://www.ufesa.es/Files/Ufesa/Es/es/Press/PressRelease/Images/AE4400.png>

Tabla 3.1. Sacudidor. Pág. 10. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:02 hr. <http://www.causa.com/store/images/products/large/14028.jpg>

Tabla 3.1. Aspiradora de mano. Pág. 10. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:03 hr. <http://zoniaelectrodomesticos.com/wp-content/uploads/2011/05/aspiradorademano.jpg>

Tabla 3.1. Mop. Pág. 11. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:04 hr. http://www.perumana.com/image/cache/data/products/55404_Ersatzkopf_Cotton_Classic_Mop_5_2-500x500.jpg

Tabla 3.1. Hidrolimpiadora. Pág. 11. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:05 hr. <http://www.bricolandia.es/wp-content/uploads/2009/09/KARCHER-HDS-550-C-ECO-HIDROLIMPIADORA-AGUA-CALIENTE-MONOF%3%81SICA-HDS550CECO.jpg>

Tabla 3.1. Limpiavidrios. Pág. 11. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:06 hr. http://www.easy.cl/EASYFO_IMGS/img/productos/mediana/820577.jpg

Tabla 3.1. Windoro. Pág. 11. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:07 hr. http://www.mywindoro.com/wp-content/uploads/2012/02/MyWindoro_Slide11-430x430.png

Tabla 3.1. Aspiradora. Pág. 11. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:08 hr.
http://images01.olx-st.com/ui/2/42/35/19283735_1.jpg

Tabla 3.1. Roomba. Pág. 11. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:09 hr.
<http://img.xataka.com/resize/500/2009/08/roomba-530-hd2.jpg>

Figura 3.2 Ejemplo de limpieza con una herramienta de mano. Pág. 7. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:09 hr.
http://www.perfil.com/export/sites/diarioperfil/img/2013/07/sociedad/0721_porteros.jpg_1508290738.jpg

Figura 3.3 Ejemplos de elevación temporal de personas. Pág. 8. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:10 hr.
<http://www.fixator.es/>

Figura 3.4 Ejemplos de elevación permanente para personas. Pág. 9. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:11 hr.
<http://www.fixator.es/>

Figura 3.5 Sistema guía y seguidor de Windoro. Pág. 12. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:12 hr.
<http://www.windorobots.com/en/>

Figura 3.6 Ejemplo de la estructura del robot aspirador Roomba. Pág. 13. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:13 hr.
<http://megustalaroomba.com/>

Figura 3.7 Sistema Navibot con sus elementos de delimitación de área. Pág. 15. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:14 hr.
<http://www.samsung.com/es/consumer/home-appliances/vacuum-cleaner/navibot/VCR8855L3B/XEE-spec>

Figura 3.8 Sistema de cepillado para zonas de difícil acceso. Pág. 15. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:15 hr.
<http://www.samsung.com/es/consumer/home-appliances/vacuum-cleaner/navibot/VCR8855L3B/XEE-spec>

Figura 3.9 Hom-Bot de LG. Pág. 17. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:16 hr.
<http://www.lg.com/es/robot-aspirador-hombot>

Figura 3.10 Filtro HEPA y su sistema de control de partículas perjudiciales. Pág. 19. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:17 hr.
<http://www.epa.gov/ttn/catc1/dir2/ff-hepas.pdf>

Figura 3.11 Sistema AeroForce™ utilizado por Roomba. Pág. 20. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:18 hr.

<http://megustalaroomba.com/>

Figura 3.13 Cocorobo® y su aplicación. Pág. 25. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:19 hr.

http://www.sharp.com.my/cocorobo/products/robotic_appliance/index.html.

Figura 9.1. Rueda de hule para Sumo “Mega Fricción”. Pág. 50. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:20 hr.

<http://www.crya.com.mx/Subs/producy.php?clase=257>

Figura 9.3 Imanes de neodimio. Pág. 52. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:21 hr.

http://www.omicron.com/wp-content/uploads/2011/05/imaness_neodimio.jpg

Figura 9.4 Imanes de neodimio de 3 [cm] de diámetro. Pág. 53. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:22 hr.

<http://www.gatatornillos.com.ar/images/productos/imaness/circularneodimio.jpg>

Figura 9.5 Imanes de neodimio de 5 [cm] de diámetro. Pág. 53. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:23 hr.

http://mlm-s1-p.mlstatic.com/potente-iman-de-neodimio-35x3-mm-envio-90-multipack-3628-MLM4594068506_072013-O.jpg

Figura 9.6 Tarjeta de desarrollo Arduino UNO. Pág. 53. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:24 hr.

http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoUno_r2_front450px.jpg

Figura 9.8 Circuito Integrado L298D. Pág. 54. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:25 hr.

<http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet2/2/052daje928cw7pc0uqs1ipyryppy.pdf>

Figura 9.9 Diagrama del circuito integrado L298D. Pág. 54. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:26 hr.

<http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet2/2/052daje928cw7pc0uqs1ipyryppy.pdf>

Figura 9.10 Ejemplo de rodillos. Pág. 55. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:27 hr.

http://www.macode.es/images/microfibra_micromina.jpg

http://www.gkm-net.de/files/imagetypes/small/et_buerste.jpg

Figura 9.11 Extensiones. Pág. 56. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:28 hr.

http://www.comex.com.mx/mobile/content/products/Comex_extension.jpg

Figura 9.12 Paños de microfibra. Pág. 56. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:29 hr.

http://images03.olx-st.com/ui/13/25/89/1299599802_175081689_1-Fotos-de--TELA-MICROFIBRA-30X30cm-Y-40X40cm.jpg

Figura 9.13 Extensión eléctrica. Pág. 56. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:30 hr.

http://www.infer.com.mx/contenido/uploads/2014/02/p-1136-Surtek__136140__4b0892003a157.jpg

Figura 9.14 Cargador de laptop. Pág. 57. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:31 hr.

<http://www.bisva.com/images/informatica-836922-1.jpg>

Figura 9.15 Circuito integrado LM7805. Pág. 57. Consultado el día 13 de junio de 2014 a las 21:32 hr.

<http://www.learningaboutelectronics.com/images/LM7805.jpg>

<http://www.electronicsteacher.com/tutorial/images/7805.jpg>



Anexo 1: Lógica de bloques que conforma la Aplicación Móvil

Como se mencionó en el capítulo 7 en el cual se aborda el diseño de detalle, la aplicación que manipula el sistema fue construida a través de App Inventor. Su programación está constituida por lógica de bloques, la cuál se muestra continuación y describe paso a paso la función de cada bloque dentro de la funcionalidad del sistema.

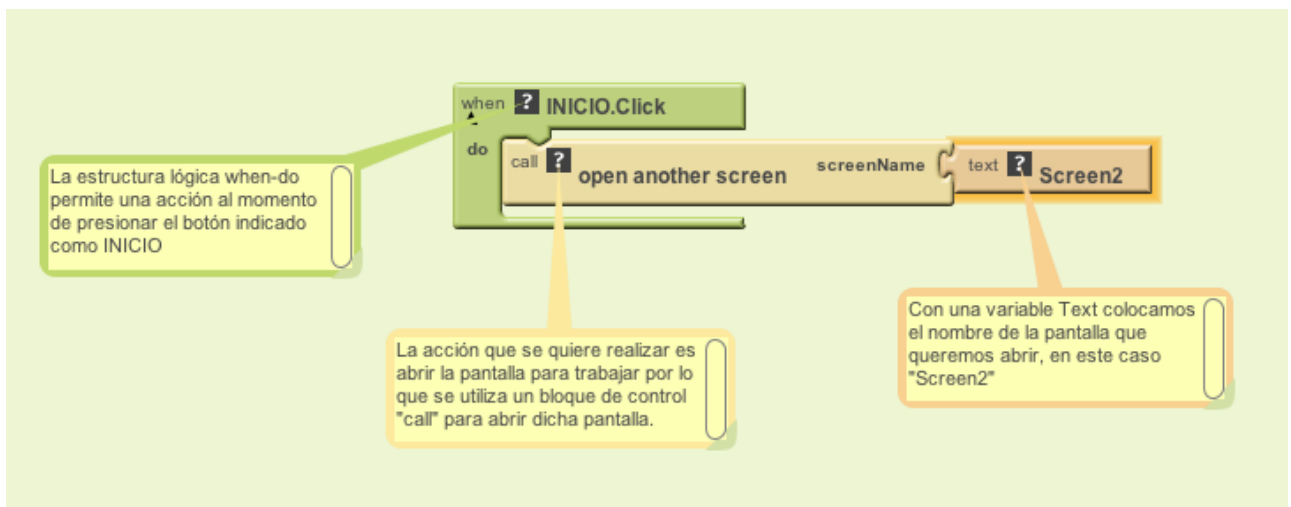
- **Pantalla de Inicio**

Para la pantalla de inicio se tienen tres botones organizados como se muestra en la figura:

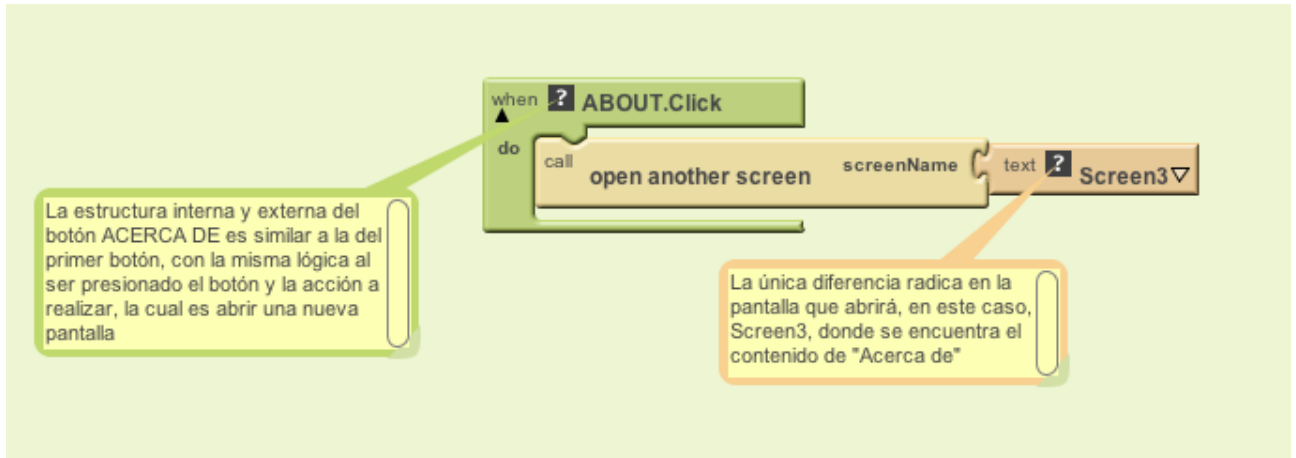


La programación es relativamente sencilla y se encuentra organizada de la siguiente manera:

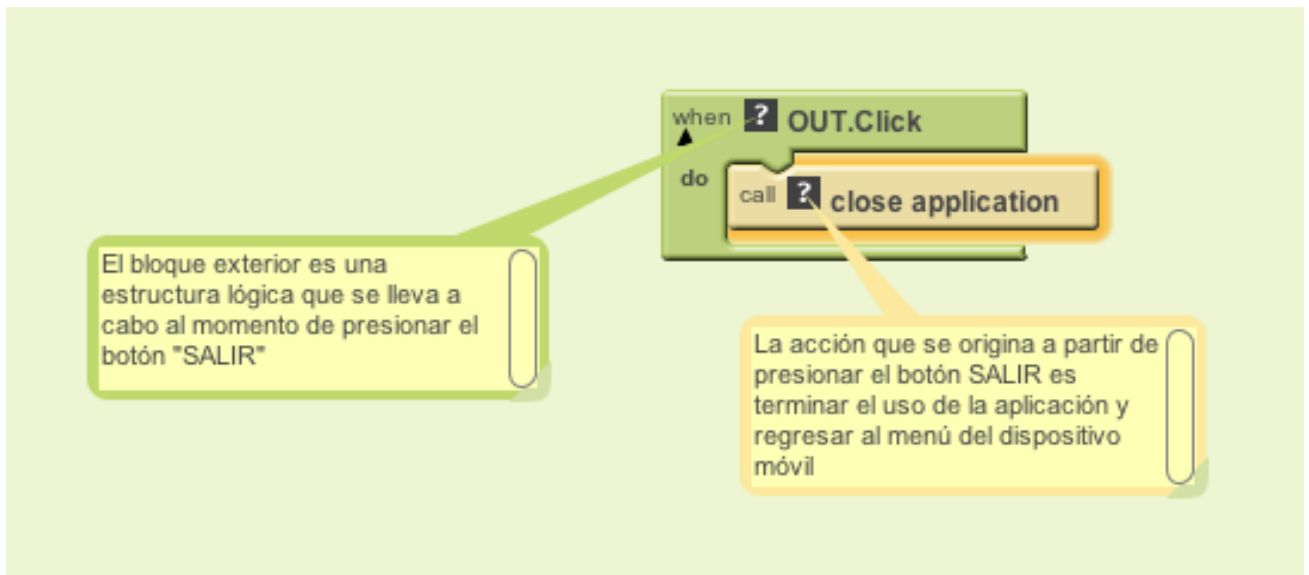
1. Botón “Comenzar”



2. Botón "Acerca de"

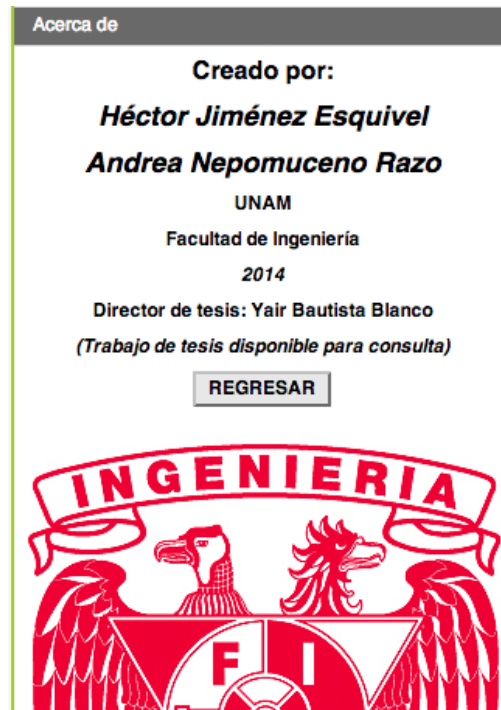


3. Botón "Salir"

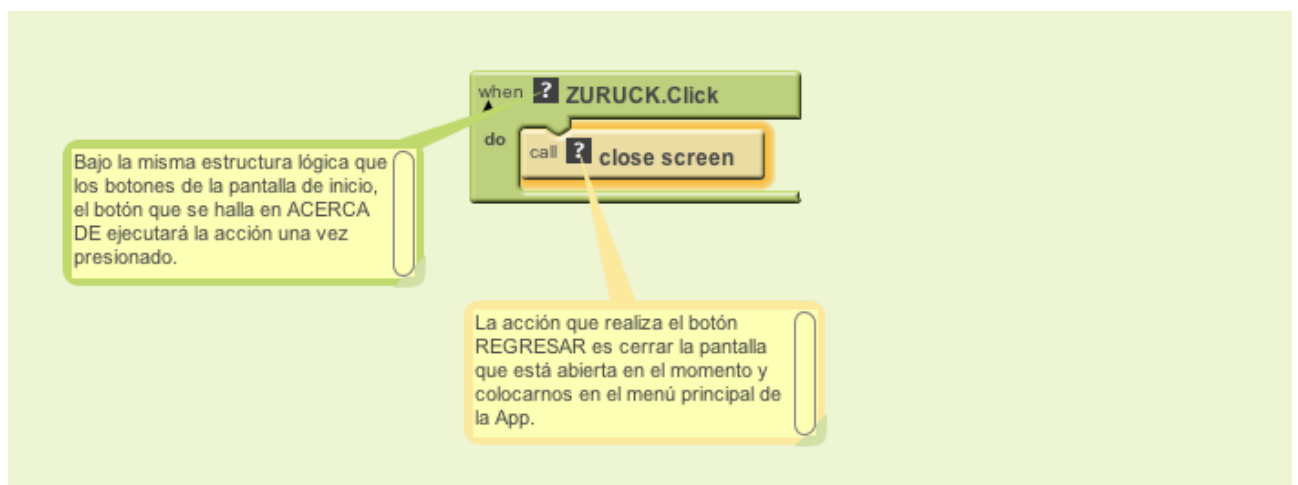


- Pantalla “Acerca de”

Esta pantalla es la más sencilla y su configuración es como se muestra en la siguiente imagen.

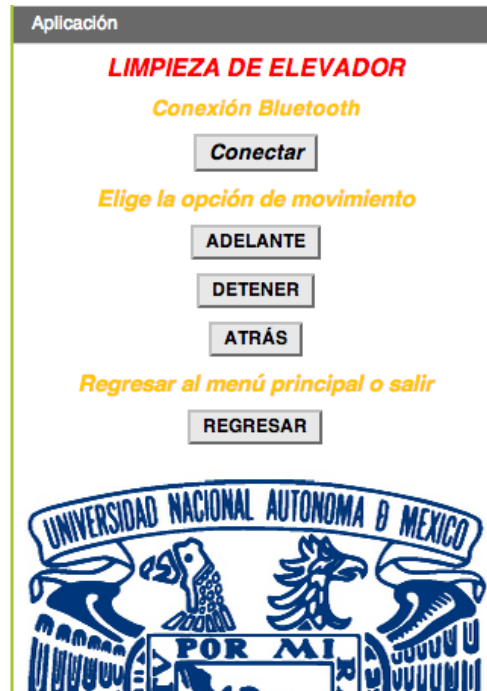


Se compone únicamente de información y un botón para regresar a la pantalla principal de la aplicación

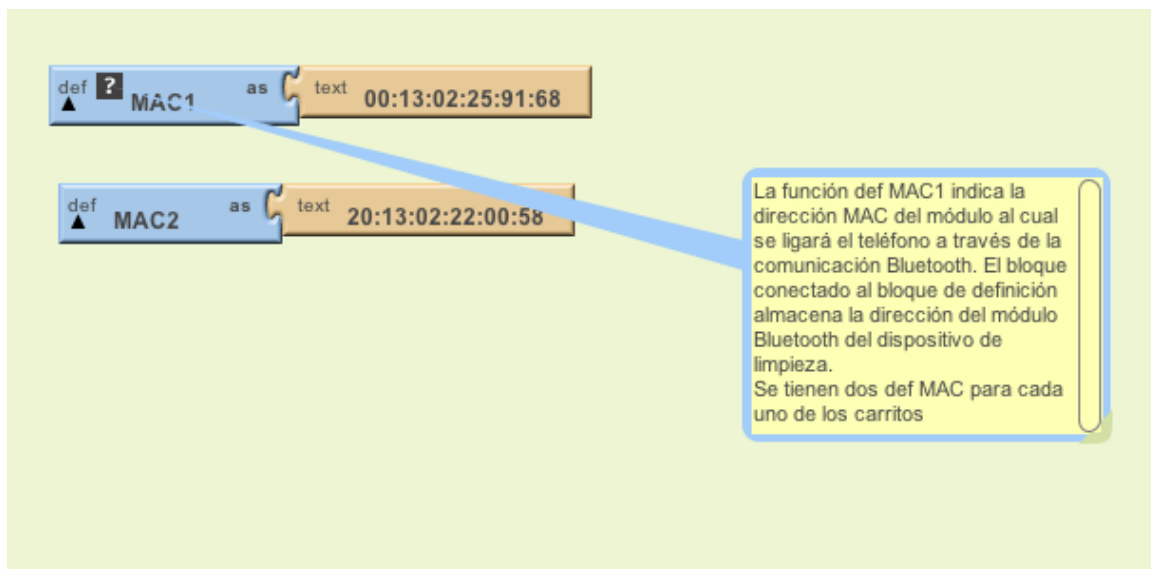


- **Pantalla “Aplicación”**

De la aplicación, esta pantalla es la que representa la mayor complejidad, debido a que en esta se realizan todas las acciones. La configuración se muestra en la siguiente imagen:

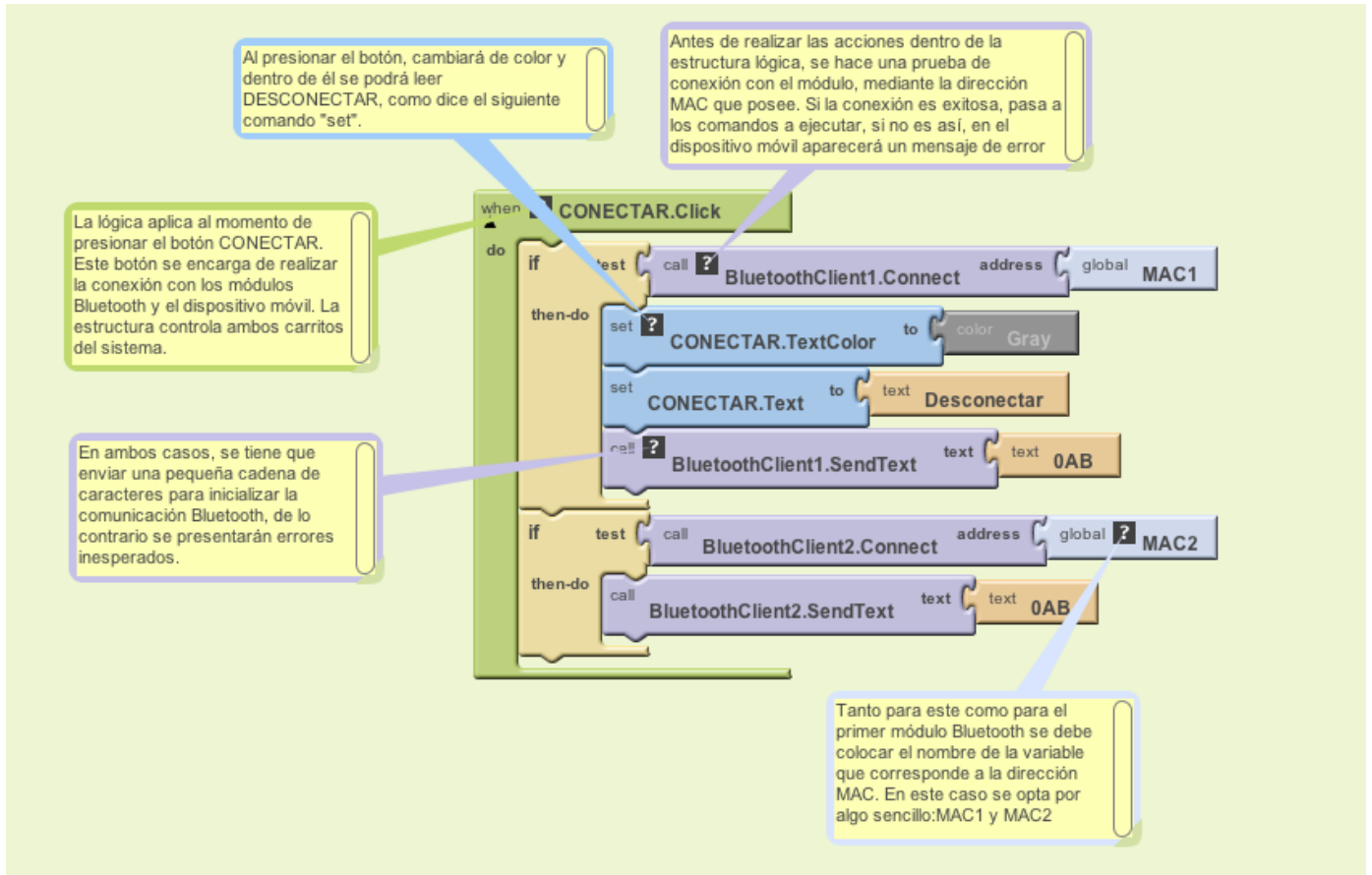


1. Configuración de las direcciones MAC

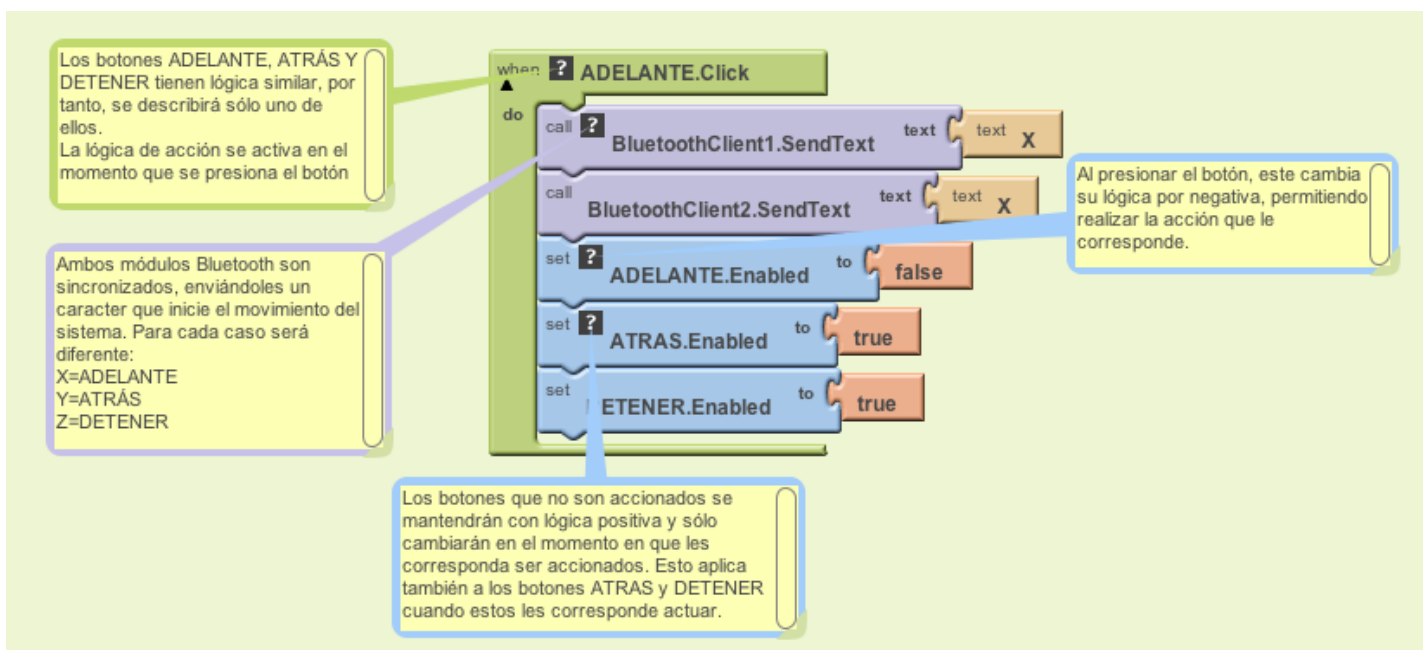


- Dirección MAC: El Control de Acceso de Medios (Media Access Control, por su siglas en inglés) es un identificador único del dispositivo a utilizar y está conformado como una serie de 12 dígitos hexadecimales agrupados en pares. La dirección MAC identifica los módulos Bluetooth a utilizar en el dispositivo y permite que el teléfono los identifique para su interacción [26].

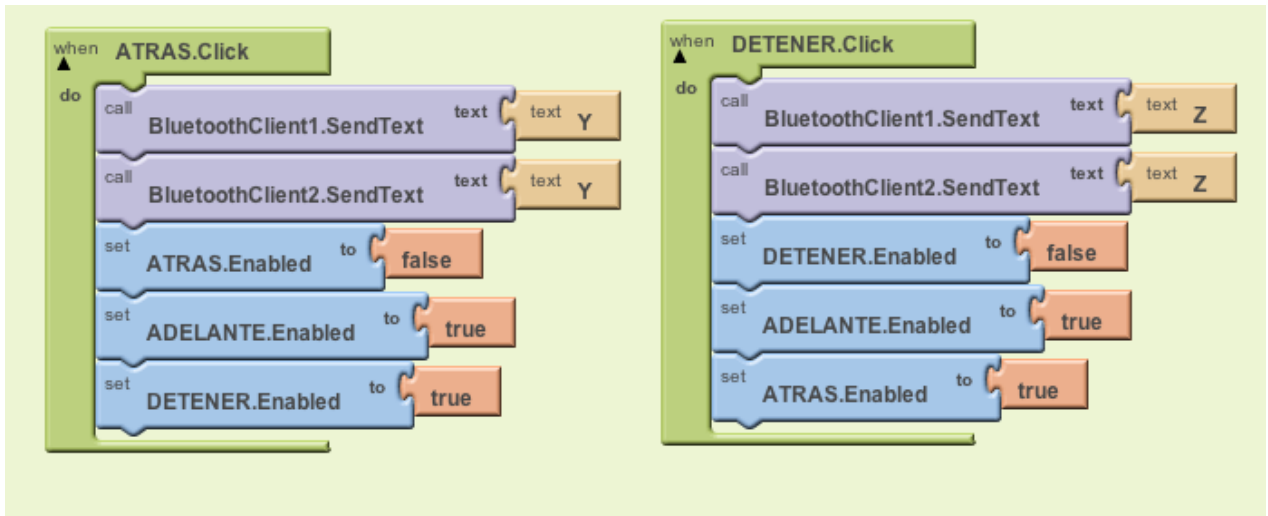
2. Configuración de los bloques para la comunicación Bluetooth



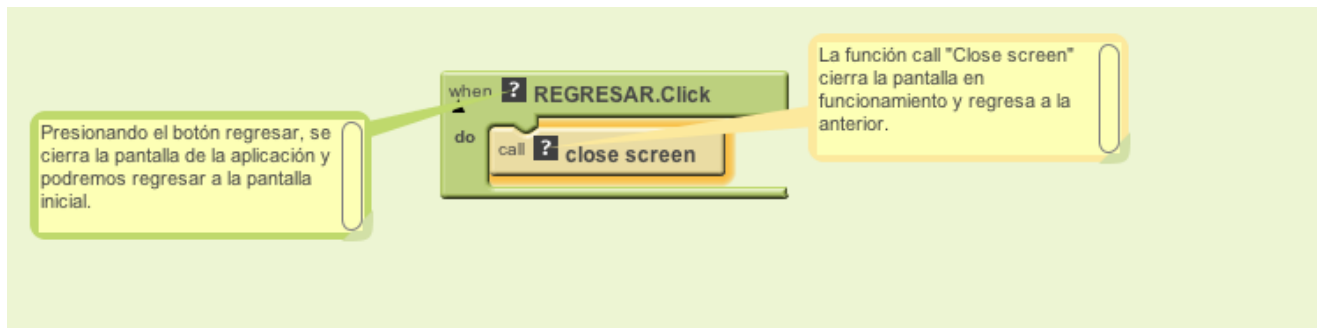
3. Configuración de los botones ADELANTE, ATRÁS y DETENER



Como se menciona en la descripción de los bloques, la lógica para los botones ATRÁS y DETENER son iguales, por lo que simplemente se coloca su estructura.



4. Configuración del botón de salida




```
          ///// Ciclo infinito \\\\  
void loop()  
{  
}  
  
          //////////////////////////////////////////////////////////////////// FIN \\\
```

////// Ciclo que realiza mientras esté la comunicación serial, donde dependiendo de la letra que reciba de la aplicación, realizará una función \\\

```
void serialEvent()  
{  
  if(Serial.available())  
  {  
    val=Serial.read(); //val toma el caracter que viene de la aplicación móvil  
  }  
  switch(val)  
  {  
    case'X':  
    {  
      adelante();  
      break;  
    }  
    case'Y':  
    {  
      atras();  
      break;  
    }  
    case'Z':  
    {  
      paro();  
      break;  
    }  
  }  
}  
  
          //////////////////////////////////////////////////////////////////// FIN \\\
```

```
//////////////////////////////////////// Función adelante //////////////////////////////////////////
```

```
void adelante()  
{  
  digitalWrite (dirmotorA1,HIGH); //Gira motor A sentido dextrógiro  
  digitalWrite (dirmotorA2,LOW);  
  analogWrite (PWMA, velocidadAf);  
  
  digitalWrite (dirmotorB1,LOW); //Gira motor B sentido levógiro  
  digitalWrite (dirmotorB2,HIGH);  
  analogWrite (PWMB, velocidadBf);  
}
```

```
//////////////////////////////////////// FIN //////////////////////////////////////////
```

```
//////////////////////////////////////// Función atras //////////////////////////////////////////
```

```
void atras()  
{  
  digitalWrite (dirmotorA1,LOW); //Gira motor A sentido levógiro  
  digitalWrite (dirmotorA2,HIGH);  
  analogWrite (PWMA, velocidadAb);  
  
  digitalWrite (dirmotorB1,HIGH); //Gira motor B sentido dextrógiro  
  digitalWrite (dirmotorB2,LOW);  
  analogWrite (PWMB, velocidadBb);  
}
```

```
//////////////////////////////////////// FIN //////////////////////////////////////////
```

```
//////////////////////////////////////// Función paro //////////////////////////////////////////
```

```
void paro()  
{  
  digitalWrite (dirmotorA1,HIGH); //Detiene motor A  
  digitalWrite (dirmotorA2,HIGH);  
  analogWrite (PWMA, 0);  
  
  digitalWrite (dirmotorB1,HIGH); //Detiene motor B  
  digitalWrite (dirmotorB2,HIGH);  
  analogWrite (PWMB, 0);  
}
```

```
//////////////////////////////////////// FIN //////////////////////////////////////////
```

Anexo 3: Plano de la base del dispositivo para corte láser.

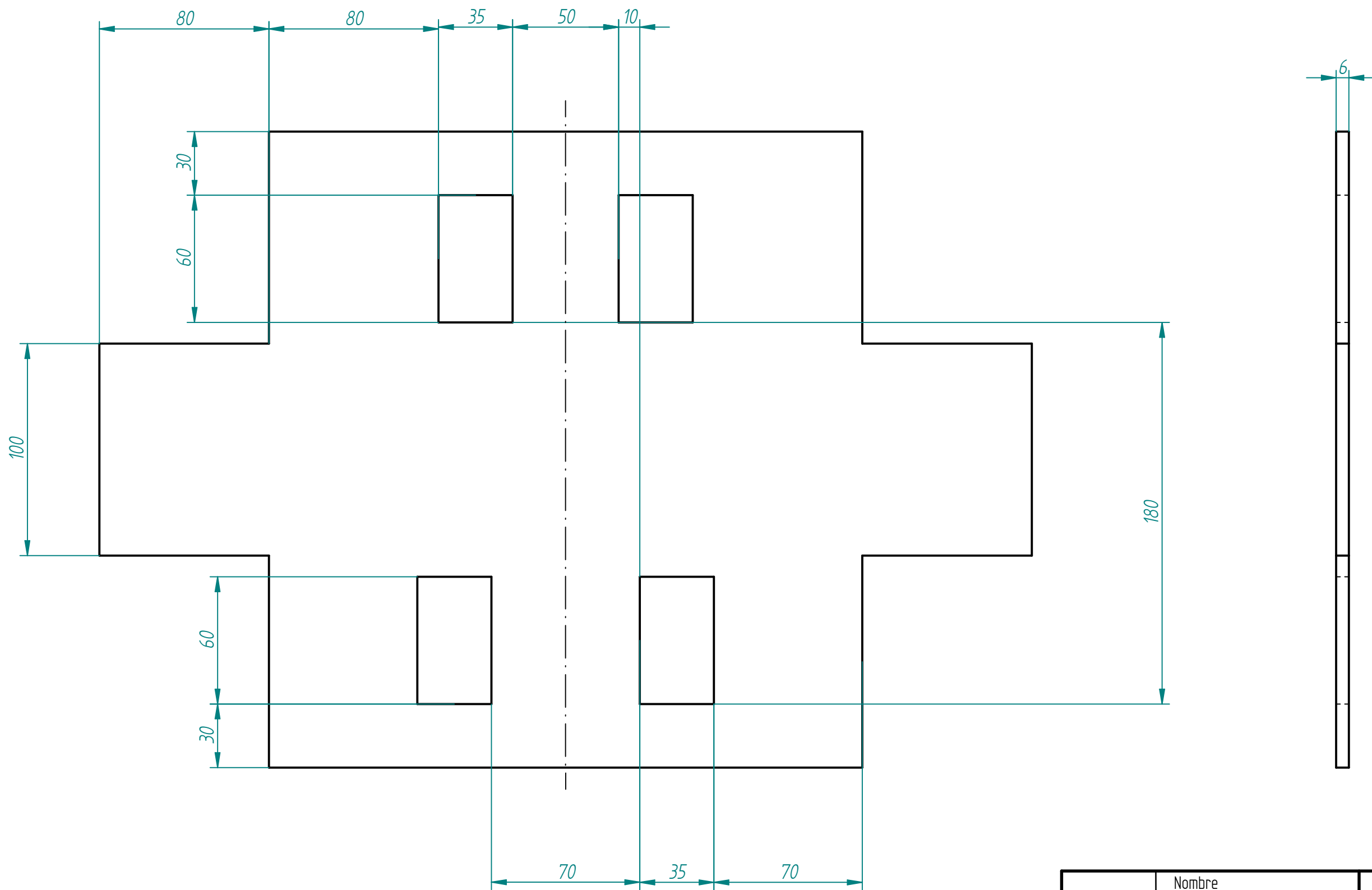
En las páginas siguientes se muestra el plano que se utilizó para poder obtener la base del dispositivo por medio de corte láser.

Se muestran diferentes tipos de acotaciones, a pesar de ser la misma figura.

En el primer plano, las acotaciones mostradas son pensando en las medidas que una máquina de corte láser puede utilizar para realizar el mecanizado.

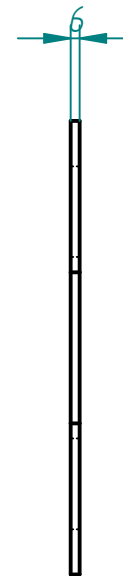
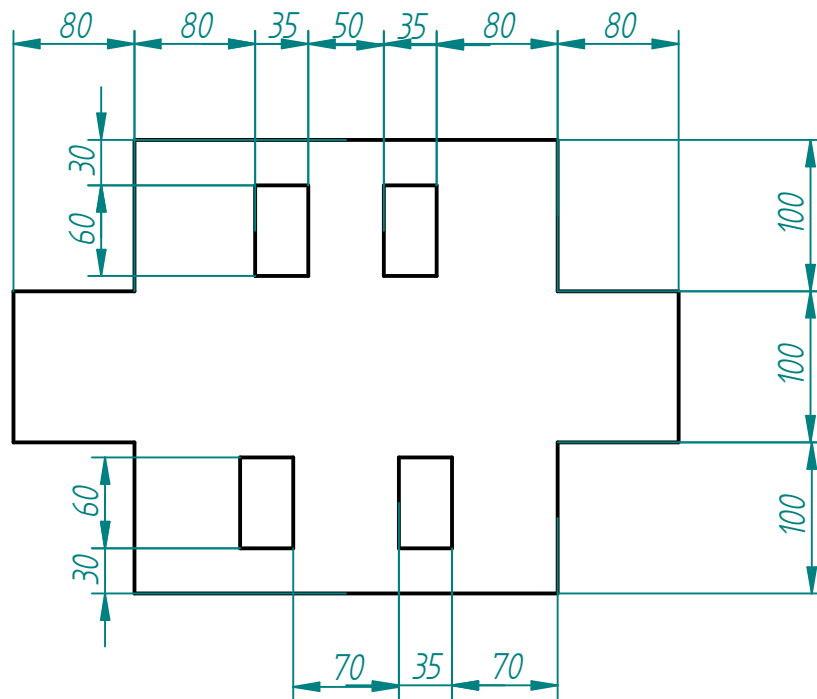
Mientras que en el segundo plano, muestra unas medidas que ayudaran a verificar las dimensiones de la base una vez que esté fabricada.



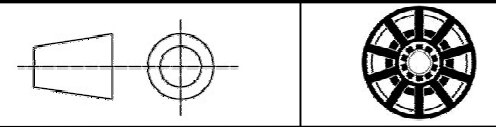


SOLID EDGE ACADEMIC COPY

	Nombre	
Dibujado	Héctor Ramón Jiménez Esquivel Andrea Nepomuceno Razo	
Fecha	30/05/2014	Título: Diseño de un modelo funcional para la limpieza de una cara en el elevador del CIA, FI
Revisado	Luis Yair Bautista Blanco	
Comprobado	03/06/2014	A3 Plano para corte láser de la base Rev
Cotas en milímetros. Tolerancias ±0,05		Plano de la base
		Escala: 1:2 Hoja 1 de 2



SOLID EDGE ACADEMIC COPY

	Nombre	
Dibujado	Héctor Ramón Jiménez Esquivel Andrea Nepomuceno Razo	
Fecha	30/05/2014	Título: Diseño de un modelo funcional para la limpieza de una cara en el elevador del CIA, FI
Revisado	Luis Yair Bautista Blanco	
Comprobado	03/06/2014	
	Cotas en milímetros. Tolerancias $\pm 0,05$	A4 Plano para corte láser de la base Rev
		Plano de la base
		Escala: 1:5 Hoja 2 de 2

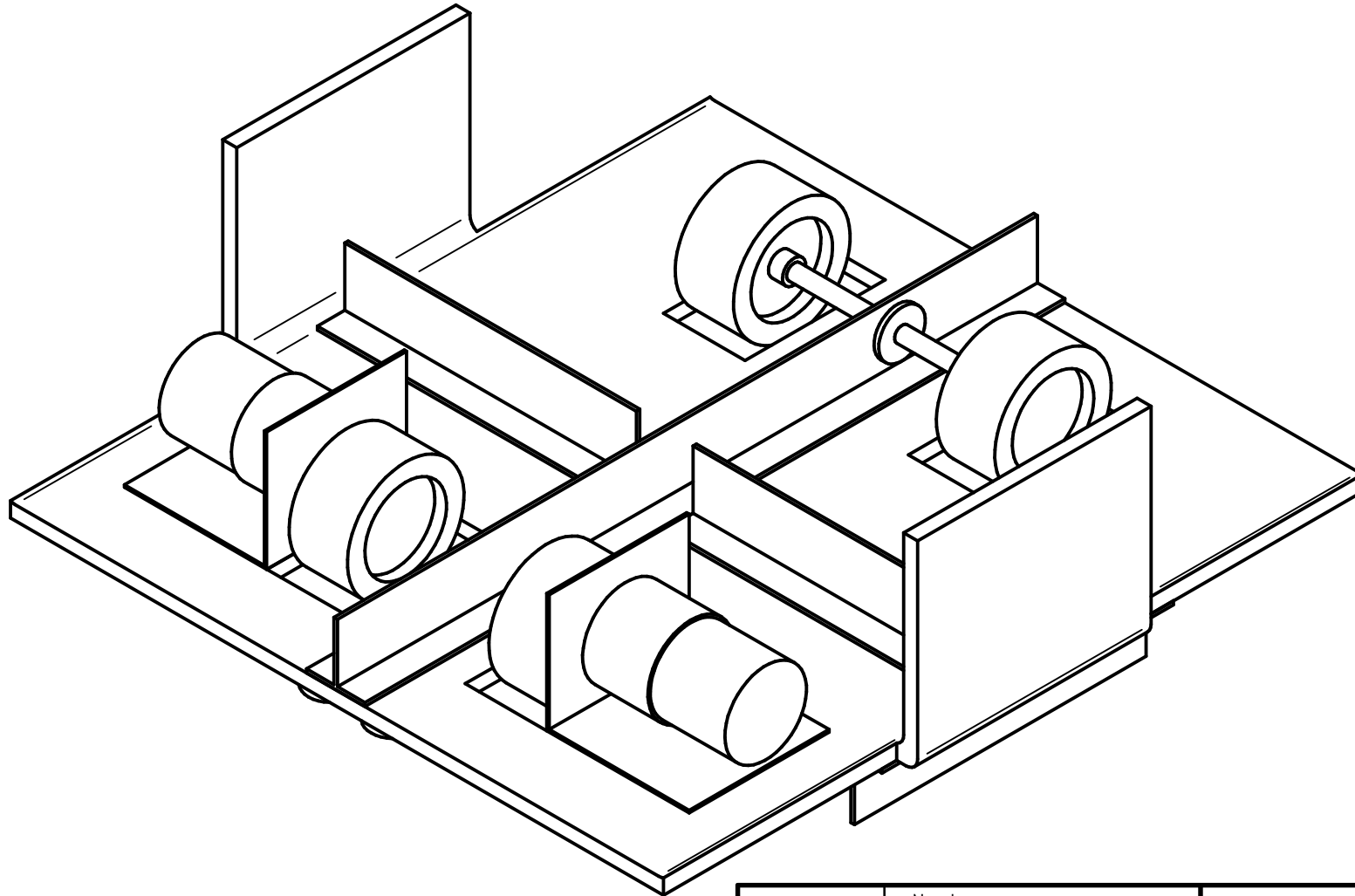
Anexo 4: Isométrico y diagrama explosivo del dispositivo.

En las siguientes páginas se encuentran una proyección isométrica y un diagrama explosivo de uno de los carritos que conforman el modelo funcional del dispositivo.

Una proyección isométrica es una representación visual de un objeto tridimensional en dos dimensiones [32]. En el caso del dispositivo limpiador, se pueden apreciar las principales partes que conforman uno de los carritos y su posición en el mismo.

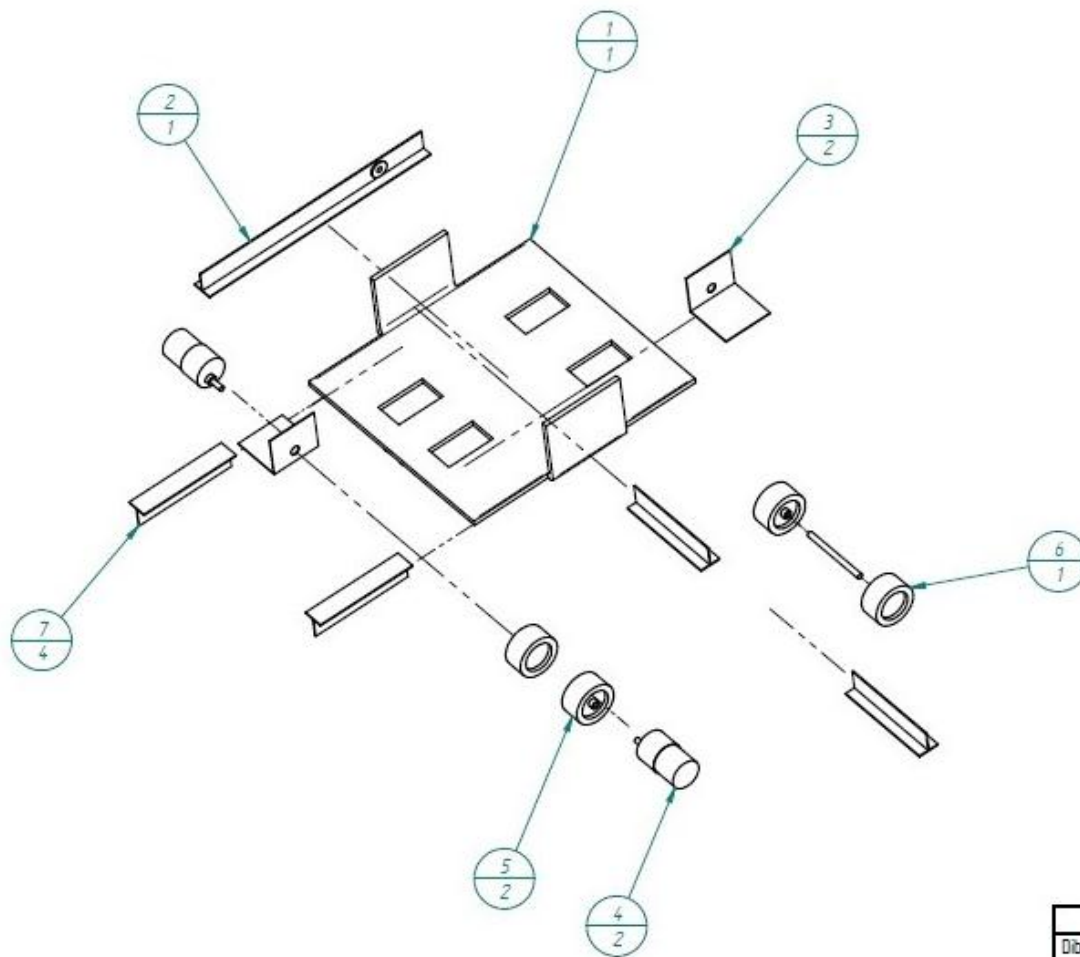
Un diagrama explosivo es aquél que muestra las piezas y cómo se unen unas con otras para poder tener un ensamble final. El diagrama del presente trabajo no incluye los tornillos que se utilizaron, es meramente ilustrativo sobre la ubicación y la manera de ensamble de las partes mencionadas en el capítulo 9.





	Nombre		
Dibujado	Héctor Ramón Jiménez Esquivel Andrea Nepomuceno Razo		
Fecha	30/05/2014	Título: Diseño de un modelo funcional para la limpieza de una cara en el elevador del CIA, FI	
Revisado	Luis Yair Bautista Blanco		
Comprobado	03/06/2014	A4	Ensamble Rev
Cotas en milímetros. Tolerancias ±0,05		Plano de la base	
		Escala: 1:5	Hoja 1 de 2

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



Item Number	File Name (no extension)	Quantity
1	Base	1
2	T principal	1
3	Base de motor	2
4	Motor	2
5	Rueda	2
6	Ruedas con eje	1
7	T soporte / guías	4

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Nombre			
Dibujado	Héctor Ramón Jiménez Esquivel Andrea Nepomuceno Razo		
Fecha	30/05/2014	Título: Diseño de un modelo funcional para la limpieza de una cara en el elevador del CIA, FI	
Revisado	Luis Yair Bautista Blanco		
Comprobado	03/06/2014	A3 Explosivo	Rev
Cotas en milímetros. Tolerancias ±0,05		Plano de la base	
		Escala: 1:5	Hoja 2 de 2