

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**S.A.V.E.: SISTEMA AUTOMATIZADO DE
TRÁNSITO PARA CONTROLAR EL PASO DE
VEHICULOS EN SITUACIONES DE EMERGENCIA**

Tesis para obtener el título profesional de INGENIERO MECATRÓNICO

AUTOR

Pavel Samir Gallarday Otiniano

ASESOR

Mgtr. Juan Manuel Chau Delgado

Lima, Noviembre, 2023

Informe de Similitud

Yo, Juan Manuel Chau Delgado,

docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia

Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado

S.A.V.E: Sistema Automatizado de Tránsito para controlar el paso de Vehículos en situaciones de emergencia

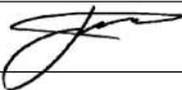
del/de la autor(a)/ de los(as) autores(as)

Pavel Samir Gallarday Otiniano

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 15%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 06/09/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Nottingham, 9 de noviembre del 2023

Apellidos y nombres del asesor: Chau Delgado, Juan Manuel	
DNI: 70321868	Firma 
ORCID: 0000-0003-3544-8553	



Resumen

En el año 2018, la ciudad de Lima ocupó el puesto N°3 de las ciudades más congestionadas del mundo y en el año 2019 el promedio de tiempo que perdió una persona por causas del tráfico vehicular fue de 209 horas al año TomTom (2020). Este factor, es el principal obstáculo que enfrentan los vehículos de emergencia (ambulancias, patrullas, vehículos contra incendio, etc.) al momento de realizar sus actividades. Entre los años 2016 y 2019, en la ciudad de Lima Metropolitana se registraron en promedio 61 322 emergencias atendidas al año y en el 2020 (año covid-19) 33 924 emergencias atendidas (CGBVP, 2021). Muchas de estas emergencias, presentaron demora en ser atendidas por la congestión vehicular o la poca conciencia vial de conductores y peatones (S. Sanchez, 2020). El presente trabajo plantea el diseño de un sistema integral mecatrónico escalable, mediante la combinación de nuevos semáforos, una aplicación para vehículos y software de gestión de tráfico. De esta manera se lograría reducir el tiempo de viaje de un vehículo ante una situación de emergencia. Para ello, se diseñarán nuevos semáforos, que solo cambien su funcionamiento durante una emergencia y puedan volver a su estado normal para gestionar el tráfico como lo hacen normalmente; una aplicación que sirva como guía para los conductores de vehículos y otra para gestionar las llamadas y puntos de emergencia por parte de los operarios; finalmente, se diseñará el software para gestionar y procesar los datos generados y la información del tránsito. La metodología del diseño implementada en el presente trabajo de investigación está basada en la norma VDI 2221, para el diseño de sistemas mecatrónicos.

Agradecimientos

Agradezco a mis padres y a mi hermana por el apoyo que han brindado desde siempre. A mis familiares por su cariño y confianza. A la Pontificia Universidad Católica del Perú por la calidad de docentes y su metodología que formaron mi educación. Al profesor Juan Chau Delgado por ser uno de los pilares del presente trabajo de investigación. Y a todas las grandes personas y amistades que he conocido, que ayudaron a mi formación, no solo académica sino como persona.

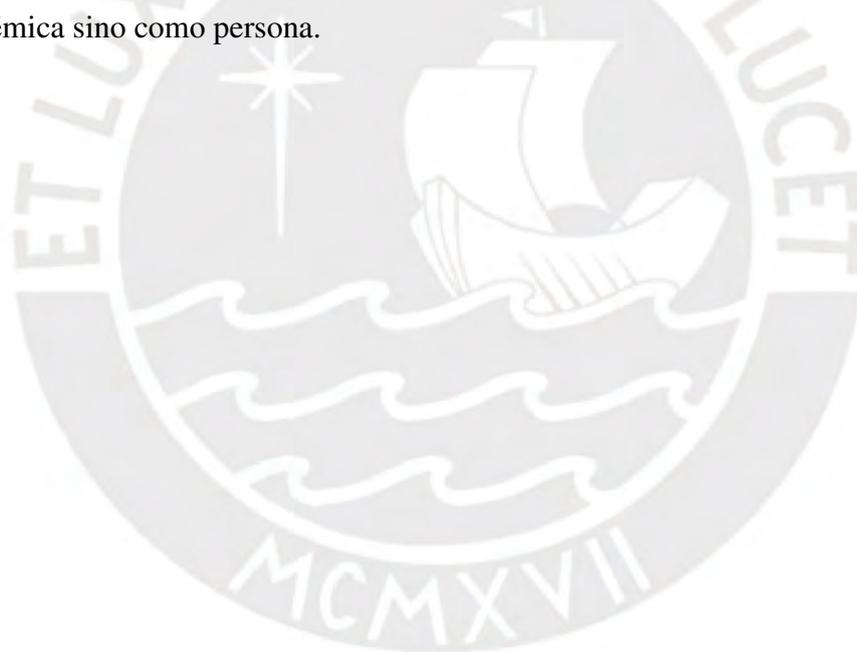


Tabla de contenidos

Resumen	III
Agradecimientos	IV
Tabla de contenidos	V
Índice de figuras	VIII
Índice de tablas	XI
INTRODUCCIÓN	1
I ANTECEDENTES	3
1.1 Problemática	3
1.2 Propuesta de solución	4
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo principal	5
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 Metodología	6
1.5 Alcances	8
II ESTADO DEL ARTE	9
2.1 Emergencia	9
2.1.1 La importancia de los tiempos de respuesta ante situaciones de emergencia	10
2.1.2 Vehículos de emergencia	11
2.1.3 Tiempos promedios perdidos causados por el tráfico vehicular frente a la respuesta de una situación de emergencia	11
2.2 Gestión o control de tráfico vehicular en zonas urbanas	12
2.2.1 Semáforos	13
2.2.2 Partes de un semáforo	13
2.2.3 Dimensionamiento de un semáforo	15
2.2.4 Módulo luminoso	16
2.2.5 Materiales y mantenimiento	17

2.3	Métodos de monitoreo vehicular	17
2.3.1	Sistema de posicionamiento global o GPS	17
2.3.2	Funcionamiento del GPS	19
2.3.3	Sistema Galileo	20
2.3.4	Servicios del sistema Galileo	20
2.3.5	Comparación del sistema GPS y Galileo	20
2.4	Lógica de control para la gestión del flujo vehicular	21
2.4.1	Métodos aplicados en la ciudad Lima para el control de tráfico vehicular	21
2.4.2	Métodos teóricos para el control de tráfico vehicular	23
2.4.3	Sistema de preferencia de vehículos de emergencia (EVP)	25
2.4.4	Lógica de control autónomos mediante inteligencia artificial	26
2.4.5	Redes neuronales artificiales (RNA)	27
2.4.6	Funciones de Coste y Optimizadores	29
2.4.7	Funciones de activación	30
2.4.8	Validación de datos	32
2.5	Patentes	33
2.5.1	Patente “Traffic signal devices and methods of using the same” - US20100026520A1	33
2.5.2	Patente “Traffic light radio control system” - US4135144A	34
2.5.3	Patente “Traffic signal remote control system” - US3550078A	35
III Diseño Conceptual		37
3.1	Lista de exigencias	37
3.2	Estructura de funciones	41
3.2.1	Blackbox	41
3.2.2	Lista de funciones	42
3.3	Matrizmorfológica	42
3.4	Diseño de implementación	43
3.4.1	Descripción del entorno de funcionamiento del sistema	43
3.4.2	Diseño del sistema informático y control central	45
3.4.3	Diseño del sistema N° 1	46
3.4.4	Diseño del sistema N° 2	48
3.4.5	Diseño del sistema N° 3	50
3.5	Selección del diseño optimo	51
3.5.1	Evaluación de sistemas completos	51
3.5.2	Diseño del sistema optimo	54
3.5.3	Diagrama de operaciones del procedimiento de uso del sistema	55
3.5.4	Diagrama de flujo del sistema	57
IV Diseño de ingeniería		59
4.1	Análisis de componentes eléctricos - electrónicos	59
4.1.1	Análisis de componentes para convetir voltaje alterno en continuo	60

4.1.2	Análisis de componentes electrónicos emisores de luz	61
4.1.3	Análisis de componentes electrónicos rotativos (actuador)	63
4.1.4	Análisis electrónico del sistema de intercambio de energía	64
4.2	Diseño Mecánico	64
4.2.1	Análisis de mecanismos para transmisión de movimiento	65
4.3	Diseño de hardware y control	67
4.3.1	Sistema de procesamiento general de información	68
4.3.2	Análisis de componentes de control y comunicación de señales.	70
4.3.3	Lenguajes de programación	71
4.4	Diseño del software	72
4.4.1	Base de datos y servidor en tiempo real	72
4.4.2	Interfaz de usuario para el operario de emergencias	74
4.4.3	Implementación de la RNA	74
4.4.4	Aplicativo móvil para conductores de vehículos de emergencias	75
4.5	Componentes complementarios	76
4.5.1	Diseño de carcasa y superficies externas	76
4.5.2	Diseño de máscaras de intercambio de colores	77
4.5.3	Selección de componentes complementarios	78
4.5.4	Diagrama de bloques electrónico	80
4.5.5	Diseño final de los semáforos	81
4.5.6	Costos	85
V	Resultados	88
5.1	Efectividad de la RNA implementada	88
5.2	Funcionamiento de semáforos	90
5.3	Control de señales (semáforos) mientras se recorre una ruta de emergencia	92
	Conclusiones	93
	Recomendaciones	94
	Bibliografía	95
	Anexos	100

Índice de figuras

1.1	Proceso generalizado del esquema y desarrollo VDI 2221.	7
2.1	Congestión alrededor del Hospital Nacional Guillermo Almenara	12
2.2	Vista clásica de un semáforo	14
2.3	Tipos de soportes para semáforos	14
2.4	Tipo de configuración de las caras de un semáforo	14
2.5	Ejemplo de placa de contraste en un semáforo	15
2.6	Ubicación y forma de unidad de control de un semáforo	15
2.7	Dimensiones para el diseño de lentes en semáforos	16
2.8	Constelación de satélites utilizados por el GPS	18
2.9	Equipo de recepción de la señal GPS	19
2.10	Segmento de control utilizados por el GPS	19
2.11	Esquema del sistema coordinado simultaneo	22
2.12	Ejemplo ubicación de detectores de presión	23
2.13	Esquema del área de modelos inteligentes en Módena, Italia	25
2.14	Esquema de funcionamiento del Sistema EVP	26
2.15	Similitud entre una neurona cerebral y una red neuronal artificial	28
2.16	Representación gráfica de capas en un RNA	29
2.17	Representación de la gradiente en dos dimensiones	29
2.18	Gráfica de la función ReLu	31
2.19	Gráfica de la función PReLu	31
2.20	Gráfica de la función Sigmoid	32
2.21	Procedimiento de un train-test split	33

2.22	Sistema de control de tráfico vehicular utilizando un sistema bidireccional de comunicación entre dos cruces.	34
2.23	Representación esquemática del circuito en el modo normal de funcionamiento (Fig 1) y en modo de emergencia (Fig 2).	35
2.24	Representación esquemática del circuito en el modo normal de funcionamiento (Fig 1) y en modo de emergencia (Fig 2).	36
3.1	Blackbox del sistema.	42
3.2	Entorno externo del sistema.	44
3.3	Entorno interno del control de recepción de emergencias.	44
3.4	Entorno interno del vehículo de emergencia.	44
3.5	Ventana de interfase para el operador.	45
3.6	Ventana de interfase para el vehículo de emergencia.	46
3.7	Diseño del semáforo N°1	47
3.8	Diseño del semáforo N°2	49
3.9	Diseño del semáforo N°3	51
3.10	Gráfica de evaluación de los criterios técnicos y económicos.	53
3.11	solución óptima del diseño de los nuevos semáforos - vista exterior.	55
3.12	Diagrama de operaciones del procedimiento generales en: a) usuarios de interfase gráfica y b) semáforo	56
3.13	Diagrama de flujo – parte 1	57
3.14	Diagrama de flujo – parte 2	58
4.1	Esquema de conexión de potencia	60
4.2	Fuente conmutada	61
4.3	LED 3030 6-SMD Canbus	62
4.4	LED G4 COB	62
4.5	Funcionamiento del Encoder	64
4.6	Módulo Rele	64
4.7	Diseño de corona y tornillo sin fin : Dimensiones	66
4.8	Diseño de corona y tornillo sin fin : Relación de velocidades	67
4.9	Elementos complementarios	68

4.10	Características y funcionalidades de una Workstation	69
4.11	Tabla comparativa entre Nvidia Jeston, Raspberry y Arduino	71
4.12	Base de datos local	73
4.13	Base de datos en de múltiple acceso	73
4.14	Interfaz de operarios de emergencias	74
4.15	Esquema de la Red Neuronal aplicada para cada método	75
4.16	Pantalla principal - aplicativo móvil	76
4.17	Tapas frontales con visores y estructura del semáforo	77
4.18	Sistema de giro de pantalla de luces	78
4.19	Diagrama de bloques electrónico de la solución óptima	81
4.20	Presentación final semáforo - vista 1	83
4.21	Presentación final semáforo - vista 2	83
4.22	Presentación final caja de luces - vista 1	84
4.23	Presentación final caja de luces - vista 2	84
5.1	Resultados porcentuales de precisión y error - redes neuronales aplicadas	89
5.2	Cruce de avenidas - Vista isométrica	91
5.3	Funcionamiento de semáforos	91
5.4	Simulación de rutas y activacion del sistema - parte 1	92
5.5	Simulación de rutas y activación del sistema - parte 2	92

Índice de tablas

1.1	Estadística de emergencias atendidas por el cuerpo de bomberos voluntarios a nivel lima y callao entre los años 2017 - 2020	3
2.1	Comparativa de los sistemas de navegación global GPS y GALILEO . . .	21
3.1	Componentes del semáforo N°1	47
3.2	Componentes del semáforo N°2	49
3.3	Componentes del semáforo N°3	50
3.4	Evaluación económica de los sistemas propuestos	52
3.5	Evaluación técnica de los sistemas propuestos	53
4.1	Características de fuentes de alimentación de componentes	61
4.2	Datos de implementación de diseño de para las luces	62
4.3	Tabla comparativa actuadores rotativos	63
4.4	Comparación entre elementos de transmisión	66
4.5	Tecnologías de telecomunicación	71
4.6	Matriz de características de diferentes lenguajes de programación para la implementación del software y aplicativo móvil	72
4.7	Resumen de elección de lenguajes de programación	72
4.8	Propiedades del acero y aluminio	78
4.9	Drivers para motores DC	79
4.10	Shields para Raspberry	79
4.11	Módulos de transmisión de datos para Raspberry	80
4.12	Tabla de elementos - semáforo	82
4.13	Tabla de elementos - Caja de luces	82
4.14	Tabla de costos Totales	86

4.15	Tabla del costo total para la implementación del sistema	87
5.1	Tabla de optimización de la RNA	89



INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Lima, la respuesta a las emergencias como los incendios, accidentes de tránsito, derrumbes, explosiones o una simple llamada por precaución es uno de las labores que cumplen el cuerpo bomberos voluntarios día a día (CGBVP, 2021). Muchas de las respuestas que necesitan ser atendidas, sobre todo en un corto plazo de tiempo, se ven afectadas por la demora o retardador que tienen sus vehículos de emergencia para llegar al lugar de la emergencia. Un factor, si no el más importante, es la congestión vehicular (tráfico) que afecta directamente con el tiempo de respuesta (S. Sanchez, 2020) ; por otro lado, la poca educación vial o valores en las personas, así como el aumento de vehículos agudiza más este problema (Reyna, 2018).

El presente trabajo desarrolla, mediante la investigación e implementación de un sistema mecatrónico; así como, las tecnologías implementadas actualmente, un proyecto tiene como propósito reducir el tiempo que tarda un vehículo de emergencia mediante el control de la señal de tránsito, el seguimiento de los vehículos y una aplicación móvil. Además, de implementar tecnologías que puede ser escalables a otros sistemas de emergencia en el futuro.

El primer capítulo presentara la problemática a resolver, limitando el objetivo principal y específicos, así como el alcance del trabajo; posteriormente se muestra la metodología implementada para el desarrollo del proyecto.

El segundo capítulo expone el estado del arte para el sistema total, presentando conceptos relacionados a la gestión del tráfico, vehículos de emergencia y tecnologías implementadas, entre otros. Finalmente, se investigó los sistemas actuales para reducir la congestión vehicular en las calles, con la finalidad de encontrar los sistemas actuales que realicen funciones similares.

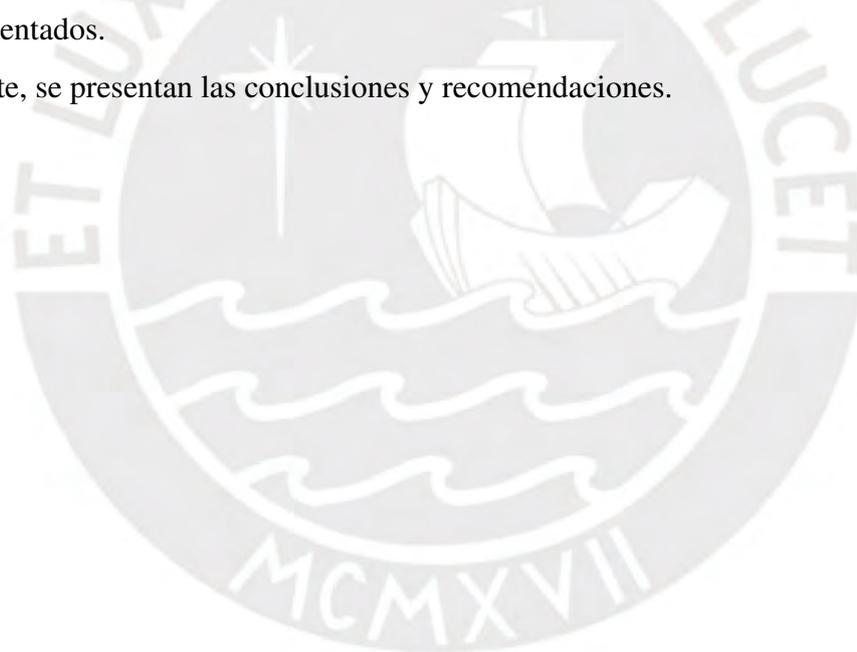
El tercer capítulo desarrolla el diseño conceptual del sistema, incluyendo la lista de

exigencias, su estructura de funciones, la matriz morfológica, los diseños conceptuales esbozados a mano y la elección de una solución óptima, según la norma VDI 2221 para la evaluación de criterios técnicos-económicos; también, el diagrama de flujo y funcionamiento del diseño final.

El cuarto capítulo implementa el sistema mecatrónico, mostrando los análisis realizados en la selección de componentes, método de diseño, características de materiales y costos, basado en el diseño óptimo del tercer capítulo.

El quinto capítulo, muestra los resultados de la simulación parcial del proyecto, esto incluyen el desarrollo del software para el control de emergencias, la base de datos compartida para cualquier personal, el desarrollo de la aplicación móvil para los vehículos de emergencia y una maqueta para representar a menor escala el control de los semáforos implementados.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones.



Capítulo I

ANTECEDENTES

1.1. Problemática

Desde el 2016 al 2020, la ciudad de Lima y Callao registra un número considerable de emergencias atendidas, según el cuerpo de bomberos voluntarios (2021) en un periodo de 5 años se registraron más de 250 mil casos de emergencia, como se muestra en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1: Estadística de emergencias atendidas por el cuerpo de bomberos voluntarios a nivel lima y callao entre los años 2017 - 2020

Año	2016	2017	2018	2019	2020
Total de emergencias atendidas	69 905	59 140	59 436	56 810	33 924

Fuente: extraído de las estadísticas de emergencia a nivel nacional, por CGBVP (2021)

Muchas de las emergencias que son atendidas presentan problemas relacionadas al tiempo de respuesta por parte de los servicios de emergencia, siendo estos los más comunes las del cuerpo de bomberos, las cuales corresponde a ambulancias o autobombas; esta demora generalmente es causada por el tráfico vehicular.

El total de vehículos en el Perú tiene una tendencia de crecimiento continuo, según la Superintendencia Nacional de los Registros Públicos, SUNARP (2020), en el 2019 se registró un total de 701 681 nuevas inscripciones, dando así un 6,49% de aumento con respecto al año anterior, siendo Lima la mayor con un total de 454 933 vehículos registrados. Esto genera un aumento del tráfico vehicular, así lo muestra el indicador de tráfico TomTom (2020), el cual señala que en el año 2018 Lima ocupaba el puesto N°3

entre las ciudades más congestionadas del mundo con un 58 % de nivel de congestión, aumentando un 23 % con respecto al 2017; para el 2019 ocupó el puesto 7 entre las ciudades más congestionadas con un 57 %, siendo un 2 % menor con respecto al año 2018 y para el año 2020 ocupaba el puesto 15 con un nivel de congestión de 42 %.

Esta situación es uno de los factores que más influye en el tiempo de respuesta ante una emergencia, en gran parte de los centros urbanos la congestión vehicular es un obstáculo para garantizar una oportuna respuesta, S. Sanchez (2020) menciona que los estándares internacionales establecen que el tiempo de respuesta ante una emergencia debe ser menor a 8 minutos para garantizar la salud de la persona.

Ante esta medida los vehículos de emergencias se han visto obligados a tomar acciones como ingresar a vía de sentido opuesto, acceder por zonas de paso peatonal, utilizar calles estrechas que limitan su velocidad, entre otros; que podrían llevar u ocasionar otra posible situación de emergencia; Según TomTom (2020) en el 2019, el tiempo perdido por persona a lo largo del mismo año fue de 209 horas, equivalente a 8 días y 17 horas, durante las horas punta de congestión vehicular..

1.2. Propuesta de solución

Frente a esta problemática, el presente trabajo plantea el diseño de un sistema integral mecatrónico escalable, mediante la combinación de nuevos semáforos, una aplicación para vehículos y software de gestión de tráfico. De esta manera se lograría reducir el tiempo de viaje de un vehículo ante una situación de emergencia. Para ello, se utilizaría nuevos semáforos, que solo cambien su funcionamiento durante una emergencia y puedan volver a su estado normal para gestionar el tráfico como lo hacen normalmente, una aplicación para los vehículos de emergencia que sirva como guía para el conductor y diseño de un software que permita gestionar la información del tránsito y el envío de vehículos a los puntos de atención.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo principal

Diseñar un sistema mecatrónico escalable que controle un grupo de nuevos semáforos utilizando parámetros como la posición global del vehículo, velocidad, ruta de destino, entre otros; para poder gestionar de manera autónoma las señales de tránsito, liberando los vehículos que se encuentre en su ruta y así reducir el tiempo de acción ante una emergencia.

1.3.2. Objetivos específicos

- Investigar los reglamentos y normas que se emplean en el diseño, funcionamiento y aplicación de los semáforos, así como las tecnologías y patentes que sean aplicadas a la gestión vehicular.
- Elaborar los diseños del sistema mecánico – electrónico para un semáforo, siguiendo las exigencias, normas y recomendaciones establecidas por los entes correspondientes para la correcta selección de componentes, diseño de piezas y elaboración de planos.
- Crear las interfaces correspondientes para los operarios de emergencias y conductores de vehículos por medio de una aplicación portátil, teniendo en consideración las limitaciones de tiempo, espacio y comodidad que puede presentar cada uno.
- Desarrollar la lógica del software de gestión vehicular que permita la toma de decisiones automáticas mediante el auto aprendizaje.
- Presentar las estimaciones de costos a nivel mecánico, eléctrico y software, así como el costo total de la implementación en un entorno delimitado.
- Realizar una simulación del sistema final en un entorno controlado, para mostrar los resultados de la implementación del proyecto.

1.4. Metodología

Se desarrollará la metodología VDI 2221, como explica F. Sanchez (2014) en su artículo esta metodología implementa los pasos necesarios para hacer frente a la problemática planteada, la cual involucra el recojo de información necesaria para la implementación del sistema, el desarrollo del estado del arte así como las tecnologías que sustenten el desarrollo del sistema mecatrónico, finalmente definir los procesos, la estructura y subfunciones que permitan desarrollar una solución óptima para su elaboración. De la misma manera, para el desarrollo del software se implantará una metodología ágil, Maida y Pacienza (2015) mencionan las ventajas de optar por un proceso que involucra al entorno y al usuario para que le resulte útil, la reducción de documentos poco significativos para una rápida transferencia de información, la interacción constante con el usuario para el trabajo conjunto buscando mejoras y por último la respuesta a los cambios para evitar estancamientos y adoptar nuevas tecnologías que mejoren el sistema.

Este trabajo desarrolla las tres primeras fases de la metodología como se observa en la Figura 1.1.

La primera fase a desarrollar es el análisis de necesidad, fase que busca determinar los requerimientos del sistema; posteriormente, el desarrollo del concepto, esta fase presenta las funciones principales y subfunciones tomando como referencias las entradas y salidas del sistema, como señales, materia o energía; por tanto, se contemplarán los conceptos de solución mediante una matriz morfología para cada alternativa del subsistema planteado. Finalmente, la fase de implementación, donde se muestra la solución a desarrollar parcialmente.

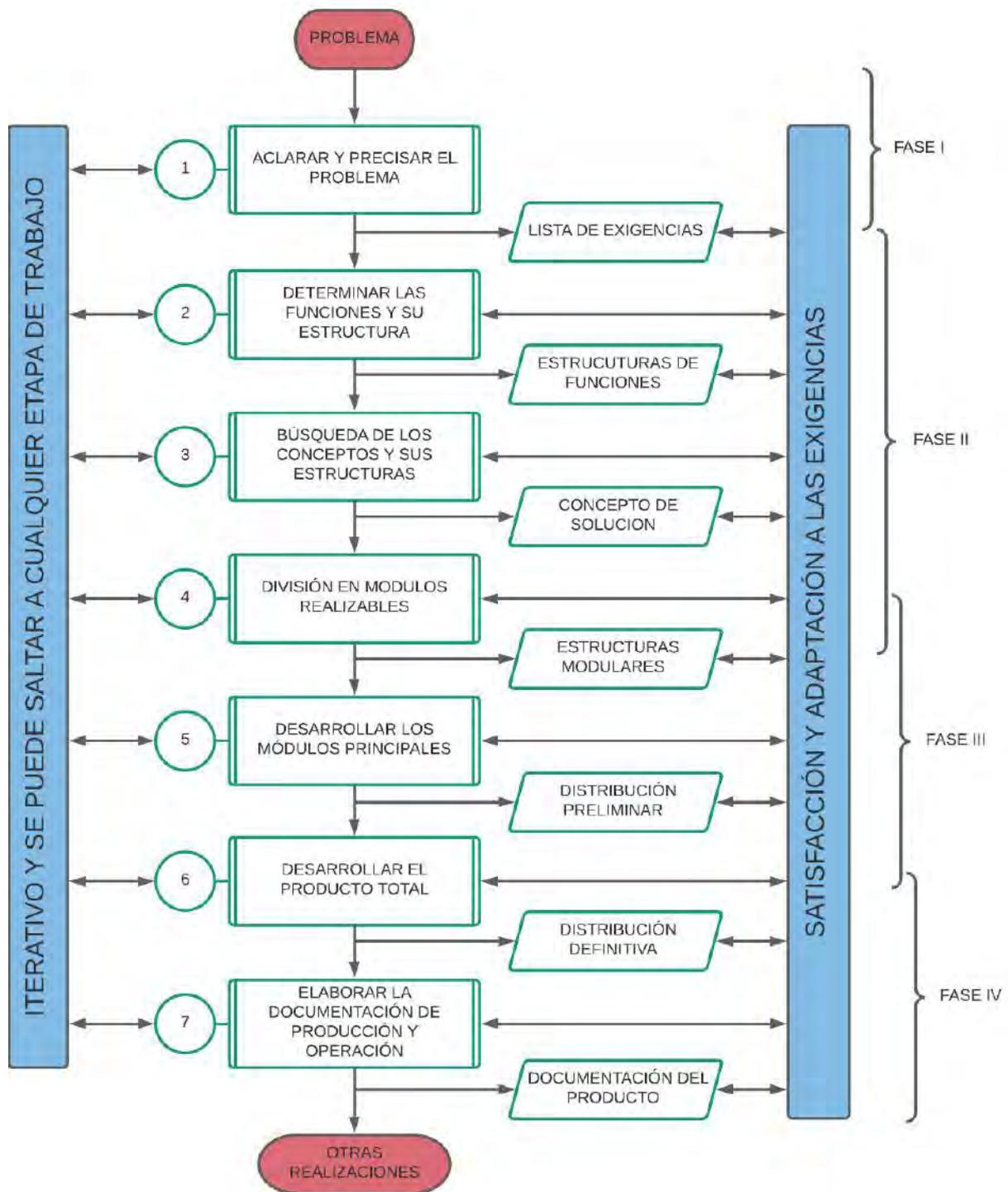


Figura 1.1: Proceso generalizado del esquema y desarrollo VDI 2221.
Adaptado de Barriga (2018)

1.5. Alcances

El presente trabajo desarrolla un sistema mecatrónico escalable; por ello, su implementación real dependerá de la demanda, necesidad y/o cobertura que se desee lograr. Esto con la finalidad de terminar la cantidad de agrupaciones¹ que sean necesarios. El proyecto finalmente se muestra los diseños preliminares, el diseño óptimo, la implementación de ingeniería y los resultados parciales de la simulación total del sistema en base a la lógica de control aplicada. Sin embargo, el proyecto no abarca las condiciones externas al semáforo como soportes, barras de conexión, entre otros; ya que, son características que son contemplados por factores externos y complementarios.



¹Una agrupación representa un conjunto de semáforos implementados, que se encuentran en la ruta de un vehículo de emergencia.

Capítulo II

ESTADO DEL ARTE

El presente capítulo desarrolla una descripción de las situaciones de emergencia que existen en las ciudades, así como los agentes involucrados (vehículos, personas, tiempos de respuesta y efectos) y sus consecuencias sobre el bienestar de la sociedad; también los sistemas de gestión o control de tráfico vehicular definiendo sus funcionalidades, características y componentes; seguidamente los métodos de monitoreo que utilizan los vehículos de emergencia con el cual se hace registro de sus actividades, tiempos, rutas, entre otros. Por último, se mencionará los sistemas aplicados al control del tráfico vehicular como la inteligencia artificial o redes neuronales, para contrastar la posible aplicación al sistema a trabajar.

2.1. Emergencia

Una emergencia se refiere a “Situación de peligro o desastre que requiere una acción inmediata” (Real Academia Española, s.f.). Sin embargo, una emergencia médica según la Organización Mundial de la Salud son todas las situaciones que requieran acciones y decisiones inmediatas con la finalidad de disminuir el riesgo de muerte de una persona (Euroinnova, 2020). Por ello, toda situación que involucre una situación de emergencia deberá ser atendida en tiempos cortos o inmediatos.

2.1.1. La importancia de los tiempos de respuesta ante situaciones de emergencia

El tiempo de respuesta ante una situación de emergencia, requiere ser lo menor posible para garantizar la salud de las personas, como lo menciona el Dr Víctor Melgarejo Rodríguez, médico de ambulancias Samu:

Lo que tenemos como procedimiento es que tenemos que atender una emergencia entre 5 a 10 minutos. Lo que nos complica la atención es la falta de educación vial de los conductores haciendo caso omiso a las sirenas. También el mismo peatón que cruzan las calles queriendo ganarle a la ambulancia cuando está en una emergencia (Reyna, 2018).

De igual manera la empresa Rímac Seguros menciona que:

La vida de una persona podría estar en riesgo si no recibe una atención oportuna de una emergencia, ya sea un incendio, una atención médica, un traslado en ambulancia; por lo tanto, cedamos el paso, pensemos que en algún momento podríamos estar en una situación similar (Andina, 2018).

Como se menciona anteriormente, un factor que es fundamental, además del factor cultural implícito en cada persona, es el tráfico vehicular constante en las vías principales de las ciudades. Por ello Sánchez menciona que:

Uno de los objetivos más importantes en la provisión de servicios médicos de emergencia es reducir los tiempos de respuesta. En centros urbanos, la congestión de tráfico es un obstáculo para garantizar la respuesta oportuna de las ambulancias. Por eso, entender la dinámica espacio temporal de la congestión es clave para tomar decisiones estratégicas de gestión, que ayuden a reducir el tiempo de acceso a los centros de salud (S. Sanchez, 2020).

2.1.2. Vehículos de emergencia

Se considera vehículos de emergencia aquellos que cumplan con características propias que les imponga un servicio, como por ejemplo las autobombas o unidades de las compañías de bomberos, ambulancias de establecimientos de salud estatales o privados, vehículos policiales, entre otros (Ley N°27200, 1999). En la investigación realizada por Chinchay et al. (2020), determinaron que la cantidad de ambulancias en Lima Metropolitana era de 155 unidades para una población era de 10 883 093 personas; sin embargo, un dato mas preciso de las unidades disponibles o habilitadas lo muestra el diario EL Comercio; en el 2019, de un total de 317 vehículos de emergencia, el 48 % se encontraban fuera de servicio con data al 23 de julio de ese mismo año (Paz, 2019).

2.1.3. Tiempos promedios perdidos causados por el tráfico vehicular frente a la respuesta de una situación de emergencia

Según TomTom (2020) en el 2020, el tiempo promedio perdido por causas del trafico era de 15 minutos más por viajes en la mañana de 30 minutos de duración, mientras que en la noche era de 21 minutos más.

En el 2019, en un informe realizado sobre la congestión vehicular en ciudades de Latinoamérica, se muestra en la Figura 2.1 el nivel de congestión alrededor del Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen: “el más importante en atención de emergencias en Perú, y donde también se localizan otros centros asistenciales de relevancia para la ciudad” S. Sanchez (2020); concluyendo que existe una congestión vehicular 4,4 veces mayor al promedio.



Figura 2.1: Congestión alrededor del Hospital Nacional Guillermo Almenara
Fuente: S. Sanchez (2020)

2.2. Gestión o control de tráfico vehicular en zonas urbanas

Un sistema de gestión o control de tráfico vehicular se basa en elementos que permiten al usuario de un vehículo motorizado, tener conocimiento de las regulaciones establecidas por el ente gubernamental para controlar el tránsito y evitar o prevenir de los peligros que se presentan cuando se circula en las vías; uno de los elementos para este propósito son los semáforos, como lo menciona la Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías, SUTRAN, en la Resolución Ministerial 210 (2000). Además, estos se clasifican según su mecanismo de operación; por lo cual solo se centrará los conceptos de tipos de semáforos que controlen exclusivamente el tránsito vehicular.

2.2.1. Semáforos

Un semáforo, como lo define el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (2016) son dispositivos de control cuya finalidad es regular el tránsito de vehículos motorizados a través de señales en forma de colores como se representa en la Figura 2.2, estos pueden ser de color verde para permitir el flujo de vehículos, amarillo o ámbar para detener y evitar el ingreso o un cruce o intersección vial y finalmente rojo que prohíbe el tránsito; asimismo, todas las señales están limitadas por un tiempo determinado.

2.2.2. Partes de un semáforo

Un semáforo según Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (2016) está compuesto por varias partes; sin embargo, se puede definir cuatro partes principales para cumplir su función.

1. **Soporte:** Conformar la estructura que sujeta la cabeza del semáforo, su finalidad fijar los elementos luminosos a una altura y/o ángulo requerido, pueden ser del tipo a) poste o b) ménsula como se ve en la Figura 2.3.
2. **Cabeza:** Es la parte del semáforo que contiene las señales luminosas y por ello es la parte más visible del semáforo; cada cabeza puede contener un número determinado de caras dependiendo la cantidad de direcciones a controlar. Cada cara contiene una configuración diferente como lo muestra la Figura 2.4; permitiendo diferentes formas de control del tránsito vehicular, también se recomienda el uso de una superficie o placa de contraste para facilitar una fácil recepción de los cambios de una señal luminosa, ver Figura 2.5.
3. **Estación central de control:** Es el centro que distribuye de manera automática la señales y órdenes a las unidades de control contiguas e interconectadas.
4. **Unidad de control:** La unidad de control central es el mecanismo electrónico o electromagnético que tiene por finalidad controlar los cambios de las señales luminosas, ver Figura 2.6.



Figura 2.2: Vista clásica de un semáforo

Fuente: Extraído de Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (2016)

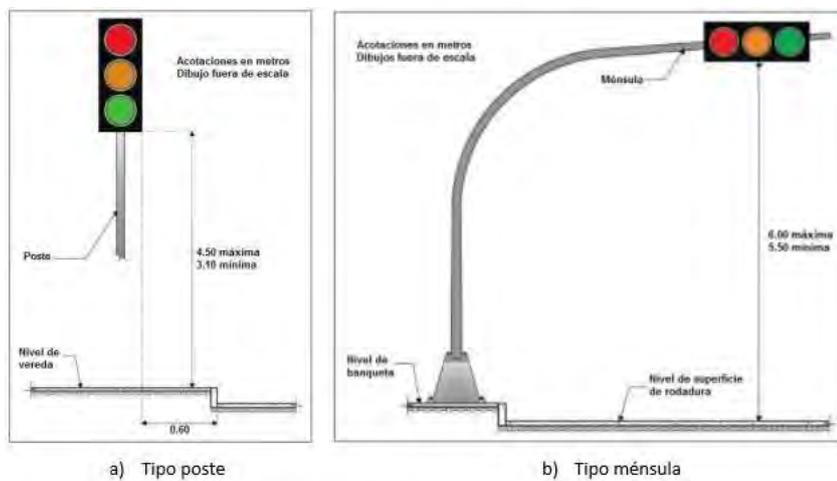


Figura 2.3: Tipos de soportes para semáforos

Fuente: Extraído de Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (2016)

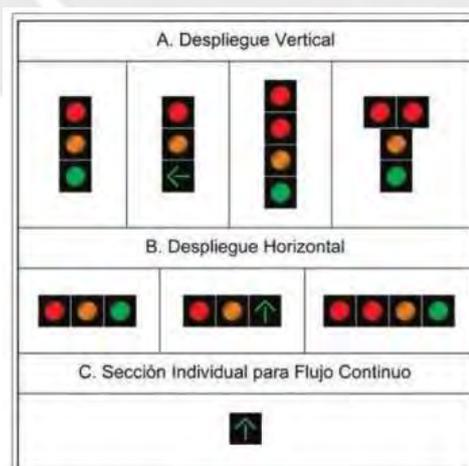


Figura 2.4: Tipo de configuración de las caras de un semáforo

Fuente: Extraído de Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (2016)



Figura 2.5: Ejemplo de placa de contraste en un semáforo
Fuente: Extraído de Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (2016)

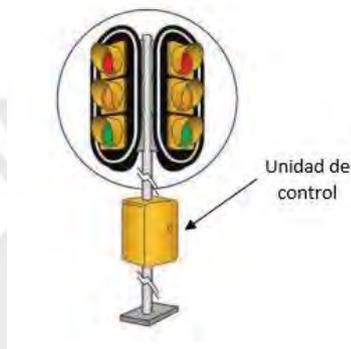


Figura 2.6: Ubicación y forma de unidad de control de un semáforo
Fuente: Extraído de Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (2016)

2.2.3. Dimensionamiento de un semáforo

Según la Resolución Ministerial 210 (2000), el diseño o dimensionamiento de semáforos está sujeto a los lentes utilizados en una cara de la cabeza, así como el tipo de configuración implementada, además el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (2016) menciona que los lentes deben tener geometría circular con diámetros entre 0,20 m o 0,30 m; sin embargo, se recomienda utilizar 0,30 en instalaciones nuevas para garantizar una mejor visibilidad. Los lentes pueden ir instalados a un bloque único según la configuración o sujetos a una carcasa independiente como se muestra en la Figura 2.7. Por ello las dimensiones finales de un semáforo dependerán principalmente de la cantidad de lentes a utilizar.

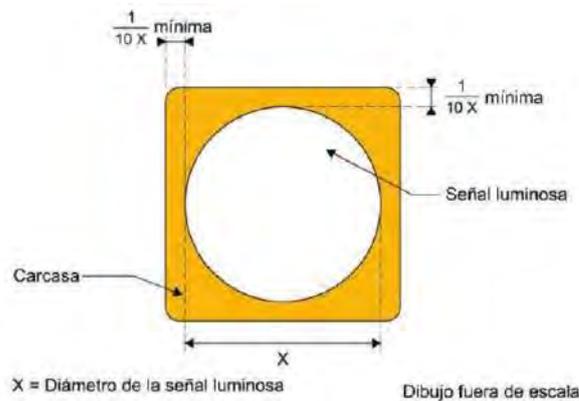


Figura 2.7: Dimensiones para el diseño de lentes en semáforos
 Fuente: Extraído de Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (2016)

2.2.4. Módulo luminoso

Es la parte ubicada en cada cara, encargada de la emisión de luces (rojo, ámbar o verde); cada módulo luminoso debe ser independiente para garantizar una uniformidad en cada una, así como la brillantez y flexibilidad requerida (MTC,2016). Los módulos luminosos pueden ser de dos tipos:

- a) **Módulo luminoso con bombilla incandescente o una luz halógena:** Este módulo está conformado por un reflector, cuya superficie cóncava refleja la luz generada en dirección del lente; y la parte metálica que contiene la bombilla o luz halógena, así como el circuito electrónico.
- b) **Módulo luminoso con LED (Light-Emitting-Diodes):** Este módulo consta de un diodo emisor de luz, según la señal a emitir puede ser del color rojo, ámbar o verde.

Según la Resolución Ministerial 210 (2000) una señal luminosa que no tenga una obstrucción física delante y en condiciones atmosféricas normales se debe distinguir desde una distancia mínima de 300 metros; por ello, la empresa española Metrolight (2021), con más de 20 años de experiencia en la industria de la iluminación, menciona que el uso de LED es más eficiente con respecto al consumo de energía requerida para producir alta intensidad luminosa, esto es la cantidad luz emitida por una fuente (foco); así como una mayor fiabilidad de vida útil con respecto a las lámparas.

2.2.5. Materiales y mantenimiento

Según la empresa Metrolight (2021) las carcasas son elaboradas a partir de resina de policarbonato mientras que los lentes son elaborados a partir de policarbonatos transparentes con protección UV. EYSSA (2013), empresa mexicana, menciona que las carcasas de los semáforos del tipo de luminosidad LED están fabricados en aluminio o policarbonato de alta resistencia para garantizar una alta resistencia; además recomienda el uso de pintura estabilizada con rayos UV para alargar la durabilidad.

La Resolución Ministerial 210 (2000) menciona que el mantenimiento en los semáforos es muy importante para mantener funcionamiento y alargar su vida útil, también es necesario mantener un registro de mantenimiento para evaluar la satisfacción del trabajo y programar futuras adquisiciones de ser necesario. Un registro deberá contener la información necesaria como tiempos empleados, costos de limpieza, ajuste de tiempos, reparaciones y reposiciones en general. Finalmente se recalca la importancia de la pintura, los equipos deberán ser pintados con una frecuencia de dos años como mínimo, esto para evitar daños producidos por la corrosión generada por factores ambientales locales y mantener una buena apariencia, algunos de estos equipos son la carcasa, protectores, postes, ménsulas y/o conductores visibles; las partes internas deberán tener un color negro mate para reducir la reflexión de la luz.

2.3. Métodos de monitoreo vehicular

En la actualidad, una de las tecnologías más implementadas para el control y monitoreo de vehículos es mediante un sistema de posicionamiento global

2.3.1. Sistema de posicionamiento global o GPS

El sistema de posicionamiento global es una utilidad de propiedad estadounidense, que proporciona información como posicionamiento, navegación y cronometraje a un usuario de forma gratuita. Este sistema consta de tres elementos: el segmento espacial,

el segmento de control y el segmento de usuario (GPS.gov, 2021).

1. **Segmento espacial:** Consta de 24 satélites (constelación de satélites) operativos el 95% del tiempo, que vuelan en la órbita media terrestre ver Figura 2.8. Sin embargo, las Fuerzas Aéreas Estadounidenses desarrollan la configuración expandible, que constan de 31 satélites operativos.
2. **Segmento de control:** Contempla la red global de instalaciones terrestres, cuya función es rastreo del segmento espacial, así como el monitoreo de sus transmisiones o el envío de comandos. Al 2021, incluye una central maestra alternativa, 11 antenas de comandos y control, finalmente 16 sitios de monitoreo como se muestra en la Figura 2.10.
3. **Segmento de usuario:** Consta de un equipo de recepción de la señal GPS, recibiendo señal de la constelación espacial y utilizada posteriormente para calcular la posición y el tiempo tridimensional del usuario ver Figura 2.9.

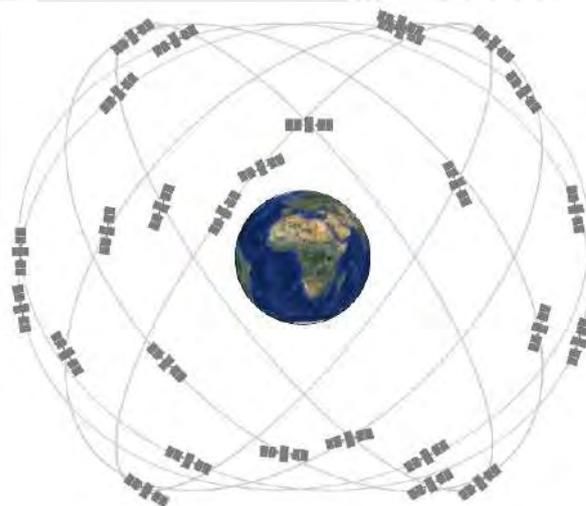


Figura 2.8: Constelación de satélites utilizados por el GPS
Fuente: Extraído de GPS.gov (2021)



Figura 2.9: Equipo de recepción de la señal GPS
Fuente: Extraído de GARMIN (2021)



Figura 2.10: Segmento de control utilizados por el GPS
Fuente: Extraído de GPS.gov (2021)

2.3.2. Funcionamiento del GPS

El sistema de GPS utiliza un principio, en el cual los satélites GPS transmiten en señales de radio su ubicación, estado y hora precisa; luego estas señales viajan por el espacio a la velocidad de la luz la cual es más de 299 792 km/segundo; seguidamente los equipos de recepción reciben las señales de radio registrando el tiempo que le toma en captar la señal y calcular la distancia desde cada satélite en su rango. Finalmente, un receptor GPS obtiene la distancia de al menos cuatro satélites y utilizando la geometría determina su posición en la tierra en tres dimensiones.

2.3.3. Sistema Galileo

Como lo menciona la Agencia Espacial Europea (ESA), es un sistema de navegación mediante satélites globales propios de Europa que garantizan una alta precisión y sujeto a uso civil (ESA, 2021).

2.3.4. Servicios del sistema Galileo

El sistema galileo consta de una red de 24 satélites operativos y seis puestos en órbita, ubicados en la Órbita Terrestre Media (ESA, 2021). Además, como lo menciona la Agencia de la Unión Europea para el programa Espacial o EUSPA esta red de satélites está apoyada por un grupo de estaciones y sensores terrestres, así como centros de control ubicados en todo el mundo.

El sistema Galileo funciona de manera autónoma y, como menciona la Agencia de la Unión Europea para el programa Espacial, “este sistema combina dos o tres constelaciones para aumentar la precisión y confiabilidad” (EUSPA, 2021). Además, cuenta con servicios del tipo gubernamentales para aplicaciones, así como niveles de precisión que continúan desarrollándose para garantizar un servicio, incluso en situaciones extremas.

2.3.5. Comparación del sistema GPS y Galileo

Como lo muestra la tabla 2.1, el sistema Galileo presenta una formidable estructura para la implementación en un sistema que requiere precisión y alta fiabilidad, así como seguridad de encriptación.

Tabla 2.1: Comparativa de los sistemas de navegación global GPS y GALILEO

SISTEMA GPS	SISTEMA GALILEO
<p>Sistema de 24 satélites con receptores</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ capaces de adaptarse en todo tipo de vehículos. ■ Eficiente para trabajos de campo debido a su ligereza. ■ Guarda en memoria los datos de posición ■ Presión con un margen de error de 3 metros ■ El ente regulador puede gestionar o degradar la señal de ser requerido. ■ Baja disponibilidad en regiones de elevada latitud o zonas con baja cobertura por la constelación GPS. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Creado principalmente para un uso civil. ■ Precisión de pocos metros. ■ Aportar información a la integridad del sistema, para aumentar la fiabilidad del sistema. ■ Su compatibilidad con otros sistemas es total, como por ejemplo el sistema GPS ■ Proporciona garantías legales de operación importantes para la seguridad del sistema ■ La participación de varios países europeos y la disputa por el liderazgo, genera retrasos en su elaboración.

Fuente: Alvaro y Fuentes (2005)

2.4. Lógica de control para la gestión del flujo vehicular

El desarrollo de las tecnologías para mejorar los sistemas de control en los semáforos ha ido creciendo con el paso de los tiempos; actualmente es necesario desarrollar tecnologías o inteligencias como la lógica difusa; que contemplen los nuevos vehículos como los scooters eléctricos (Sindicato CPPM, 2019).

2.4.1. Métodos aplicados en la ciudad Lima para el control de tráfico vehicular

En las zonas urbanas de gran amplitud, la distancia entre intersecciones suele ser corta; por lo cual el control o modo de operación de los semáforos para regular por el sistema depende principalmente de la interconexión (Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, 2016); Esto lleva a tres modos de operación entre semáforos en una intersección las cuales son:

1. **Sistema coordinado simultaneo:** Este sistema divide las intersecciones en dos vías, una principal y una secundaria; cuya forma es lineal, primero las vías principales en luz verde y alternar con las vías secundarias ver Figura 2.11.

2. **Sistema coordinado alternado:** Este sistema permite alternar entre semáforos adyacentes los tiempos de activación de luz verde, así como el desfase entre ellos.
3. **Sistema coordinado progresivo:** Este sistema divide de manera independiente, dependiendo de las exigencias de cada intersección, permitiendo un flujo continuo o casi continuo de vehículos.

El sistema progresivo o accionado por el tránsito utiliza detectores para poder captar el flujo de vehículos, el sentido de circulación, intervalos, entre otros; los detectores más usados para accionar el sistema de control en los semáforos son los de presión, magnéticos y video-detección ver Figura 2.12 (Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, 2016).

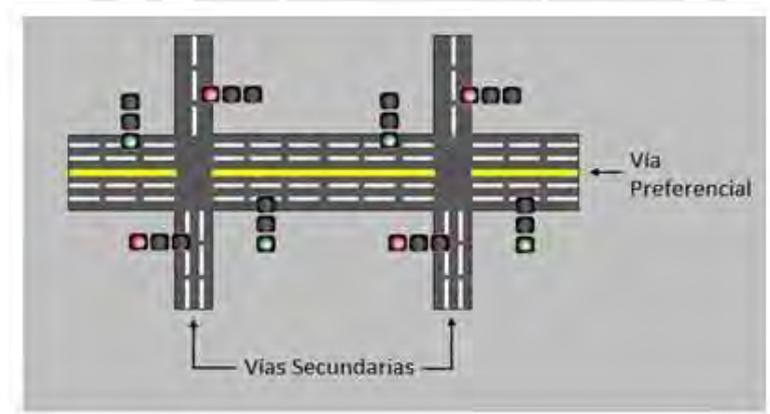


Figura 2.11: Esquema del sistema coordinado simultáneo
Fuente: Extraído de Ruiz y Alpizar (2014)

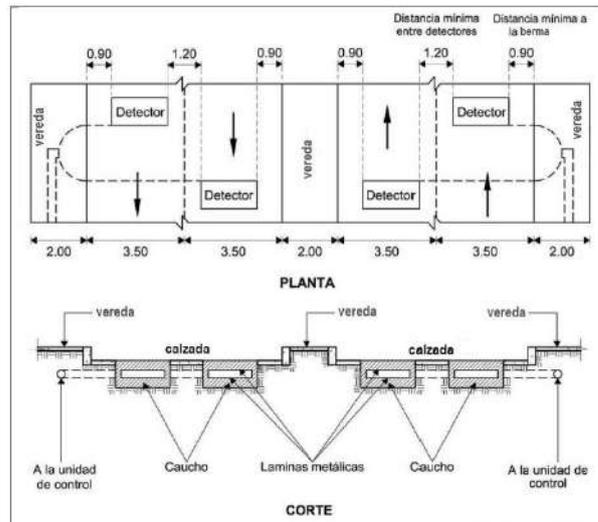


Figura 2.12: Ejemplo ubicación de detectores de presión
Fuente: Extraído de Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (2016)

2.4.2. Métodos teóricos para el control de tráfico vehicular

Recientes proyectos y estudios sobre una mejor gestión de tráfico vehicular; así como los métodos empleados para lograrlo mencionan que:

El control dinámico de semáforos abre una línea de trabajo muy importante en la búsqueda de algoritmos e implementación de soluciones que permitan un control activo de los tiempos de sus luces, considerando para este fin diversas variables para el reajuste de tales tiempos, es aquí donde la lógica difusa tiene cabida dado que permite evaluar la incertidumbre de las tasas de congestión vehicular en las calles para saber qué semáforos necesitan ser activados en luz verde y cuáles desactivados en luz roja, usando la luz amarilla como fase preventiva para el desahogo de los cruceros y el evite de colisiones en los mismos (Orozco et al., 2013).

Analizando la lógica difusa, el proyecto de Ordoñez y Trochez (2019) concluyen que “el controlador lógico difuso de semáforo presentó una mejoría en la asignación de tiempo, respecto al sistema tradicional actualmente implementado” (p. 115).

Herranz (2020) menciona su investigación que actualmente se está desarrollando y

probando un algoritmo dinámico y eficiente para la programación de semáforos que ajusten el tiempo de una señal en verde en función del tráfico en tiempo real. Además de la importancia de la interconexión con vehículos de emergencia para asegurar que pasen por una intersección de manera más rápida y segura.

Una ventaja de un algoritmo dinámico es la combinación de sistemas independientes; por ejemplo, la combinación del Emergency Vehicle Preemption (EVP) sistema utilizado para el monitoreo de los vehículos de emergencia detectando su presencia para coordinar los cambios de señales en los semáforos y la prioridad de señal de tránsito (TSP) regulando los tiempos de señales en los semáforos, podría reducir el retraso generado por el tráfico en un 8%, en comparación del sistema EVP convencional (Herranz, 2020).

En Europa se están probando diseños con algoritmos dinámicos y tecnología de redes de comunicación 4.5G, estos lugares son llamados las Smart Model Area, donde la moderna infraestructura permite la conducción autónoma de vehículos; algunas de las tecnologías combinadas en estas áreas son los semáforos interconectados, señalización digital, cámaras para el reconocimiento de obstáculos, sensores y monitoreo inteligente como se muestra en la Figura 2.13. Esta combinación de tecnologías permitirá lograr sistemas inteligentes para la gestión del tráfico basados la densidad del tráfico vehicular y prioridades para mejorar la eficiencia del transporte; y principalmente tiempos de respuesta de los servicios de emergencia más cortos (Modena Automotive Smart Area, 2020).



Figura 2.13: Esquema del área de modelos inteligentes en Módena, Italia
 Fuente: Extraído de Modena Automotive Smart Area (2020)

2.4.3. Sistema de preferencia de vehículos de emergencia (EVP)

La preferencia de vehículos de emergencia (EVP) es un sistema diseñado para cambiar el color del semáforo a luz verde de una intersección, en sentido de la vía que detecte un vehículo de emergencia; esto genera que la cola de vehículos existentes pueda disiparse antes de que el un vehículo de emergencia se detenga completamente por causa de esta. Los beneficios más comúnmente reportados de usar la EVP incluyen un tiempo de respuesta mejorado, seguridad mejorada y ahorros de costos (Bismarck, 2021).

La Asociación de Gobiernos de Maricopa (MAG) menciona que:

La EVP se realiza ajustando las señales de tráfico. Esto comienza con las comunicaciones entre un dispositivo receptor en una señal de tráfico y un emisor en un vehículo de emergencia que se aproxima. El objetivo es garantizar el paso seguro del vehículo de emergencia a través de la intersección. Los vehículos de emergencia con un emisor pueden solicitar la preferencia de las señales de tráfico cuando se acercan a una intersección (MAG, 2020).

Como se observa en la Figura 2.14, el sistema EVP puede ser implementado de manera utilizando solo un sensor de recepción por cada semáforo a controlar; sin embargo,

este sistema no puede generar una regla de manera constante, debido a factores que pueden afectar los resultados como el volumen del tráfico, espacio entre intersecciones y el tipo de instalación (Shaaban et al., 2019).

Además, La Asociación de Gobiernos de Maricopa menciona que:

[...]Hay una falta de orientación en los aspectos vitales de las operaciones de EVP. Esto incluye la fase de señal de preferencia, la luz de confirmación, el cifrado de datos y la coordinación interinstitucional necesaria para respaldar la respuesta de emergencia automática o los acuerdos de ayuda mutua (MAG, 2020).

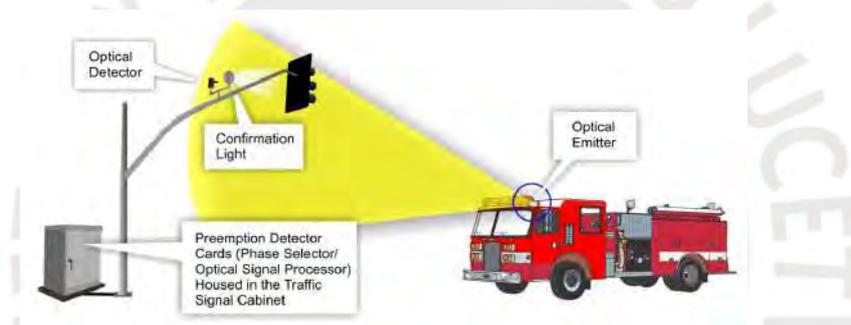


Figura 2.14: Esquema de funcionamiento del Sistema EVP
Fuente: Extraído de MAG (2020)

2.4.4. Lógica de control autónomos mediante inteligencia artificial

Con la aparición de la inteligencia artificial (IA), el desarrollo tecnológico a evolucionado de manera exponencial, la variedad de algoritmos que posee la inteligencia artificial para determinar los patrones es vasto. Entre estos algoritmos se tiene el Machine Learning y el Deep Learning. Como lo menciona Da Silva (2021) el Machine Learning es una aplicación donde los programas desarrollados, por medio de la inteligencia artificial, desarrollan algoritmos para encontrar los patrones en los datos obtenidos; mientras que, el Deep Learning es un algoritmo automático que se desprende del Machine Learning inspirado en desarrollo neuronal humano (conexión entre neuronas); por ello, el Deep Learning se considera la técnica más fiel al aprendizaje de los humanos.

Además, la implementación del Deep Learning para la gestión de tráfico vehicular ha sido implementada en la iniciativa “VíaSegura” Márquez y Muñoz (2022). Este proyecto redujo la carga de trabajo y la intervención humana, así como los errores, para aumentar la seguridad vial.

2.4.5. Redes neuronales artificiales (RNA)

Una red neuronal artificial (RNA) Magiquo (2019), es un algoritmo matemático inspirado en las neuronas del cerebro que realizan funciones cognitivas para resolver problemas y aprender, ver figura 2.15. Un ser humano mejora su proceso de resolución de conflictos mediante la experiencia; de igual manera, una red neuronal artificial adquiere “experiencias” a través de entrenamiento y así determinar la mejor solución a una problemática.

Una red neuronal del tipo perceptrón multicapa consta de tres partes principalmente, una capa de entrada, una capa (o capas) intermedia(as) y una capa de salida, ver figura 2.16, interconectadas (parcial o totalmente) como las dendritas dentro de un cerebro, ver figura 2.15. Cada conexión entre capas hacia adelante (forward propagation) está representada por la siguiente expresión matemática:

$$a^{(L)} = \sigma(W1 * A1 + W2 * A2 + \dots + Wn * An + B) \quad (2.1)$$

si:

$$z^{(L)} = w^{(L)} * a^{(L-1)} + b^{(L)} \quad (2.2)$$

entonces:

$$a^{(L)} = \sigma(z^{(L)}) \quad (2.3)$$

donde $a^{(L)}$ representa la salida en la última capa (L), “ σ ” representa la función de activación, “B” es el sesgo de la ecuación “A” la matriz o vector de entrada y “W” los pesos o nivel de importancia asignados a cada valor de entrada, ver figura 2.15.

Sin embargo, existe otro tipo de propagación en las redes neuronales, llamado retro

propagación (back propagation), este algoritmo se basa en el cálculo de las derivadas parciales de la función de coste aplicado a la salida ($a^{(L)}$), con respecto a los parámetros (pesos) de la capa anterior. Esto también es llamado gradiente de propagación. Este gradiente (G), ver ecuación 2.5, representa gráficamente la pendiente de la función de coste mientras se evalúan los pesos actuales, Sancho (2020), ver figura 2.17.

$$\text{Coste}(a^{(L)}) = \text{ERROR} \quad (2.4)$$

$$\nabla G = \frac{\delta \text{Coste}}{\delta W} \quad (2.5)$$

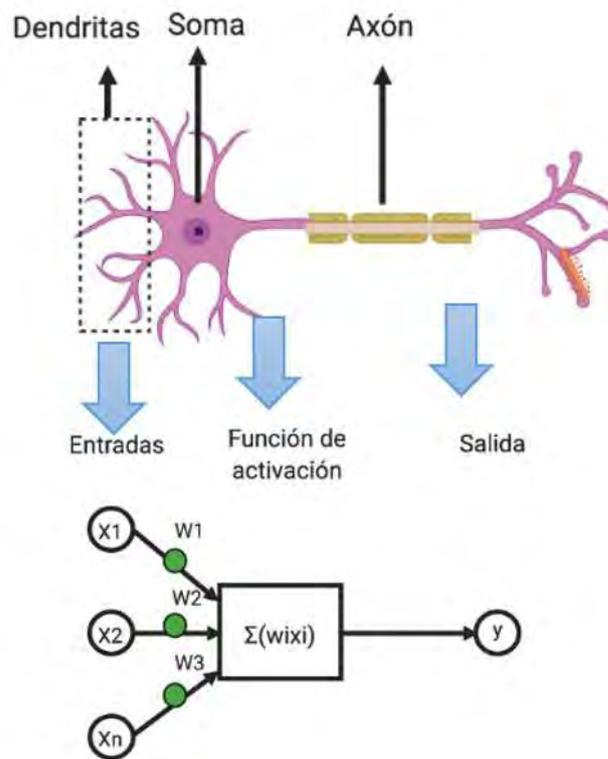


Figura 2.15: Similitud entre una neurona cerebral y una red neuronal artificial
Fuente: Future Lab (2019)

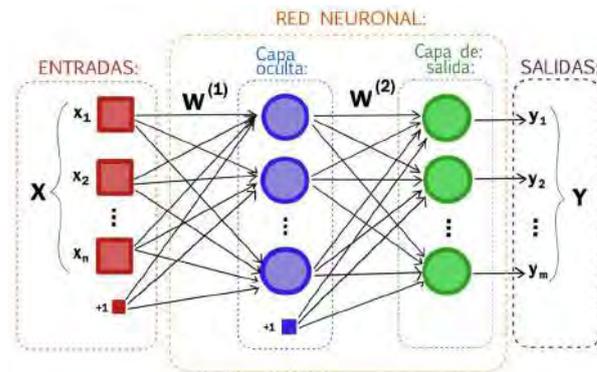


Figura 2.16: Representación gráfica de capas en un RNA
Fuente: Art From Code (2017)

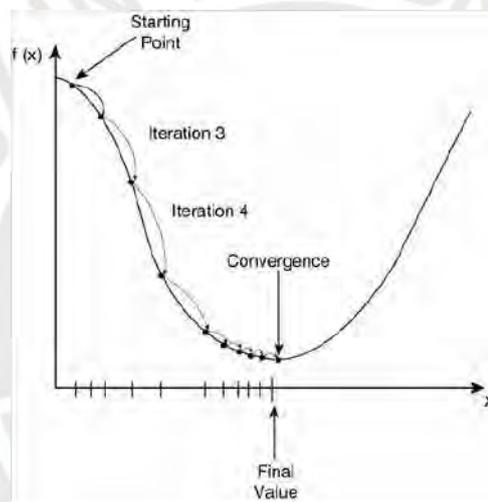


Figura 2.17: Representación de la gradiente en dos dimensiones
Fuente: Sancho (2020)

2.4.6. Funciones de Coste y Optimizadores

Las funciones de coste determinan el error (diferencia) generado entre el valor obtenido (salida) y el valor deseado (referencia), con la finalidad de optimizar sus parámetros (pesos y sesgos) en la RNA, D. Calvo (2018); algunas de la funciones de coste son las siguientes:

- **Error Cuadrático Medio (MSE):**

$$MSE = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (Y_f - Y_o)^2 \quad (2.6)$$

- **Error Absoluto Medio (MAE):**

$$MAE = \sum_{i=1}^n \frac{|Y_f - Y_o|}{n} \quad (2.7)$$

- **Entropía cruzada binaria (BCE):**

$$BCE = -\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_f \log(p_i + (1 - Y_o)) \log(1 - p_i) \quad (2.8)$$

Por otro lado, los optimizadores representan el segundo ajuste o gradiente aplicado a una RNA. Esta segunda gradiente proporciona información sobre cómo varía la primera gradiente; y así, ajustar su coste computacional, Sancho (2020). Algunos de los optimizadores son los siguientes:

- Stochastic Gradient Descent (SGD)
- Adaptive Moment Estimation (Adam)
- Adaptive Gradient Algorithm (AdaGrad)

2.4.7. Funciones de activación

Una función de activación (“ σ ”) ayuda a delimitar el comportamiento de la función permitiendo no desbordar; para ello, utiliza los pesos y las entradas para generar un rango de salida deseado, J. Calvo (2022). Algunos de los modelos de activación son:

- **Función tipo ELU:** Deriva del tipo ReLu, ver figura 2.18, donde los valores negativos están descritos por una ecuación logarítmica, la ecuación está definida como:

$$f(x) = \begin{cases} x & ,Si \ x \geq 0 \\ \alpha * (\epsilon^x - 1) & ,Si \ x < 0 \end{cases} \quad (2.9)$$

- Función tipo PReLU:** Esta función es una variación a la función Leaky ReLU, la cual es una mejora a la función Relu, , ver figura 2.19. La leaky ReLU puede utilizar valores negativos como muestra la ecuación 2.10, mientras que la PReLU el valor de α se forma durante el entrenamiento y no como hiperparámetro.

$$LRelu(x) = \max(\alpha * x, x) \tag{2.10}$$

- Función tipo Sigmoid:** función utilizada para predecir probabilidades en una variable debido a su rango entre 0 y 1, , ver figura 2.20. Su ecuación está definida como:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \tag{2.11}$$

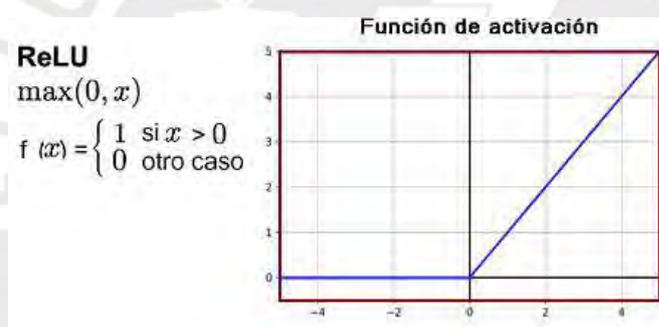


Figura 2.18: Gráfica de la función ReLu
 Fuente: Numerentur.org (2021)

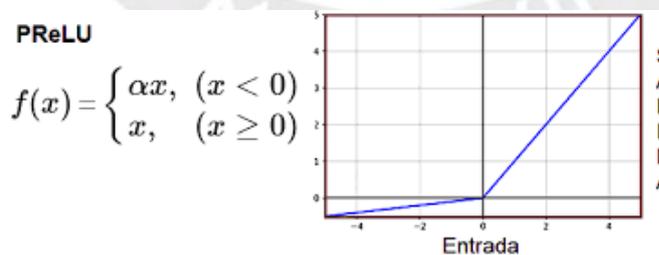


Figura 2.19: Gráfica de la función PReLU
 Fuente: Numerentur.org (2021)

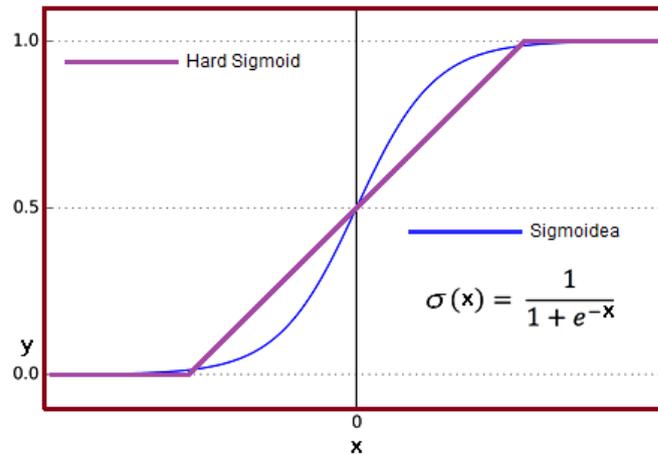


Figura 2.20: Gráfica de la función Sigmoid
Fuente: Numerentur.org (2021)

2.4.8. Validación de datos

Para obtener o garantizar una mayor exactitud en un modelo de Machine Learning, es necesario realizar un proceso de validación de datos. En un artículo publicado en la web menciona que “El proceso de validación consiste en decidir si los resultados digitales que cuantifican las relaciones hipotéticas entre las variables son aceptables como descripciones de los datos” (DataScientest, 2022).

Una de estas técnicas de es el Train-Test Split (TTS) o tren de aprendizaje. Este procedimiento divide los datos en dos grupos de manera porcentual, el primero grupo para entrenamiento (generalmente el 70% u 80%) y el segundo grupo para simular el resultado obtenido, ver figura 2.21.

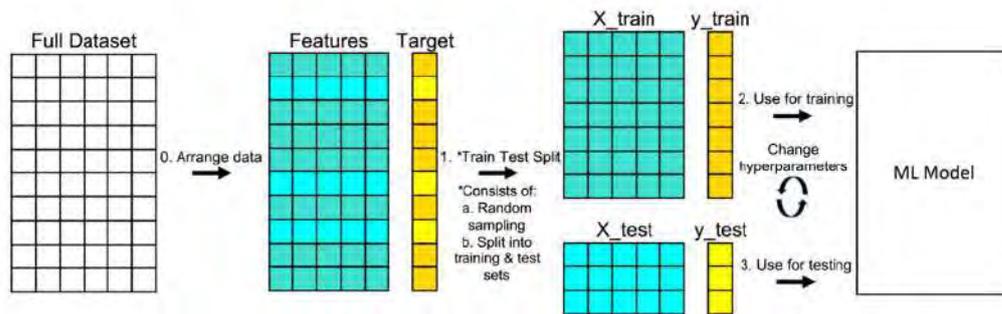


Figura 2.21: Procedimiento de un train-test split
Fuente: Galarnyk (2022)

2.5. Patentes

En esta sección se presentarán algunos trabajos previos realizados para el desarrollo de sistemas de control de tráfico en situaciones estándares y en situaciones de emergencia.

2.5.1. Patente “Traffic signal devices and methods of using the same” - US20100026520A1

Esta patente, observada en la figura 2.22, muestra la sincronización de dos cruces mediante un sistema de control bidireccional de los dispositivos de señales de tráfico y/u otros dispositivos. Una característica necesaria a desarrollar la escalabilidad del proyecto.

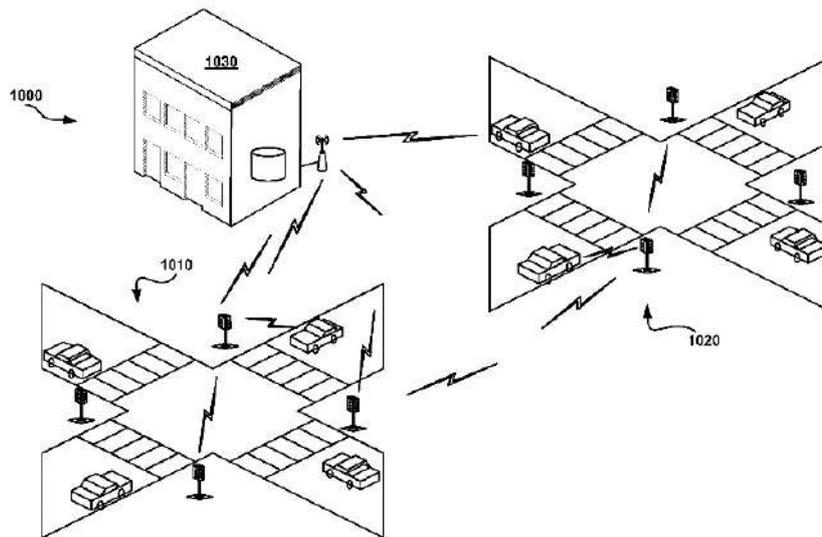


FIG. 10

Figura 2.22: Sistema de control de tráfico vehicular utilizando un sistema bidireccional de comunicación entre dos cruces.

Fuente: Extraído de Witte y Wilkerson (2009)

2.5.2. Patente “Traffic light radio control system” - US4135144A

Esta patente, que se muestra en la figura 2.23, describe el funcionamiento electrónico aplicado a los semáforos en modo normal de operación (Fig 1) y mediante un relé accionar la función emergencia (Fig 2) que modifica la señales a la salida del semáforo.

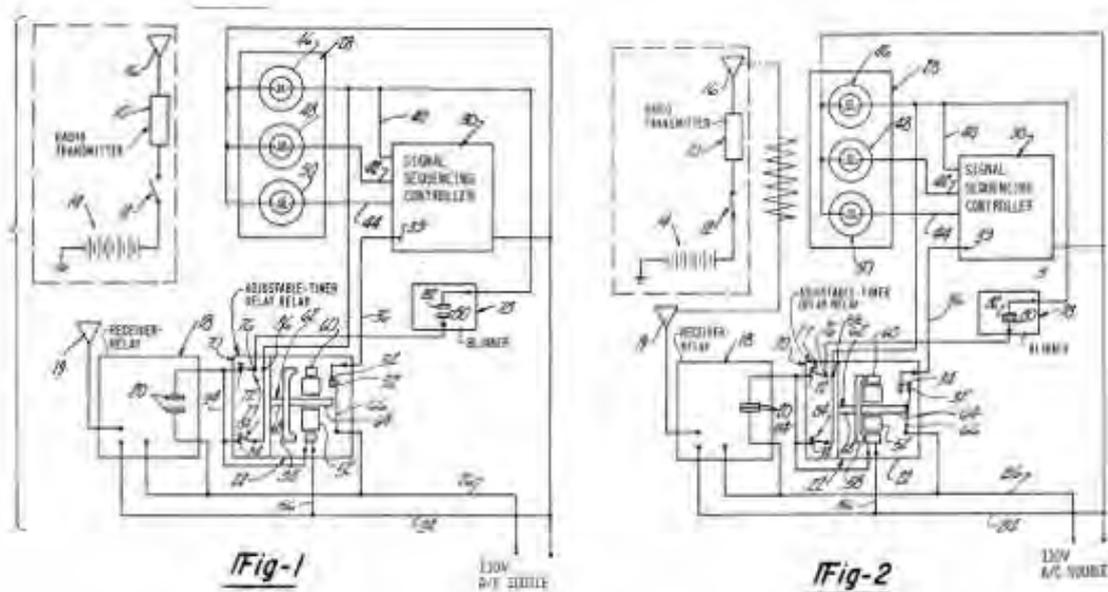


Figura 2.23: Representación esquemática del circuito en el modo normal de funcionamiento (Fig 1) y en modo de emergencia (Fig 2).

Fuente: Elmasian (1977)

2.5.3. Patente “Traffic signal remote control system” - US3550078A

Esta patente, que se muestra en la figura 2.23, explica el funcionamiento de un sistema de respuesta en una situación de emergencia; utilizando una señal emisora en un vehículo (12^a) y una señal receptora en el semáforo (12^b) genera un cambio en la salida del semáforo. También, muestra la lógica de bloques que debe seguir el proceso completo para obtener el resultado deseado en cada interacción vehículo – semáforo.

Dec. 22, 1970

W. H. LONG

3,550,078

TRAFFIC SIGNAL REMOTE CONTROL SYSTEM

Filed March 16, 1967

4 Sheets-Sheet 1

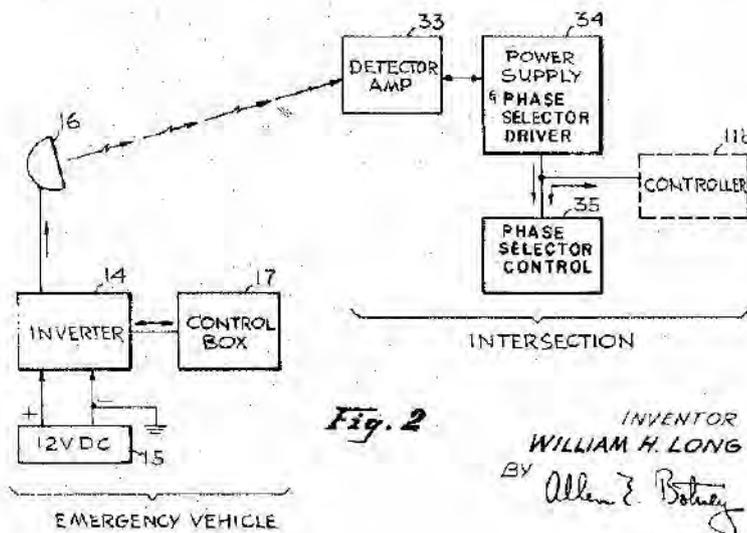
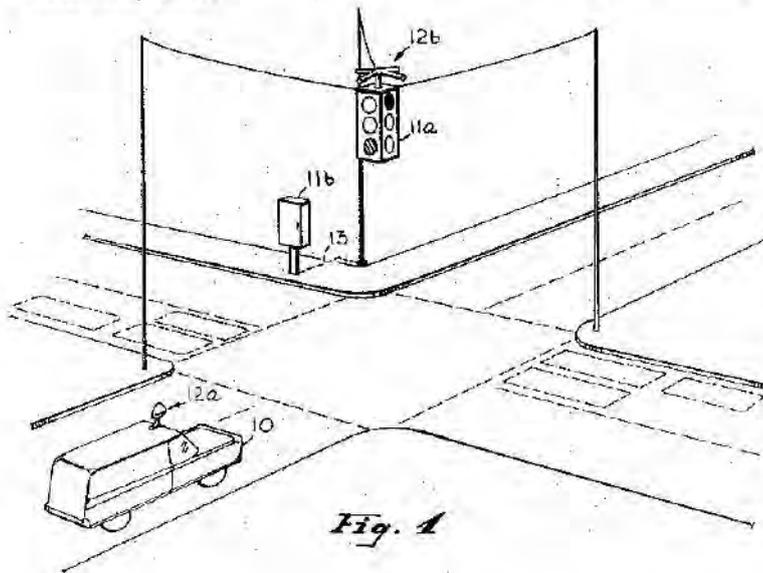


Figura 2.24: Representación esquemática del circuito en el modo normal de funcionamiento (Fig 1) y en modo de emergencia (Fig 2).

Fuente: Extraído de Long (1967)

Capítulo III

Diseño Conceptual

El presente capítulo desarrollará el diseño conceptual del sistema a implementar, considerando las exigencias o requerimientos para cumplir con los estándares en el diseño, necesidades del sistema y funcionalidad efectiva; también, se mostrará el Black-box del sistema a implementar, incluyendo sus entradas y salidas correspondientes. De igual manera, se presentará la matriz morfología que implementa tres formas de diseñar el sistema utilizando los principios actuales de funcionamiento, así como el desarrollo experimental propuesto. Finalmente se describen los conceptos de solución con sus dibujos y detalles correspondientes.

3.1. Lista de exigencias

El sistema a implementar deberá cumplir con un grupo de exigencias para garantizar un correcto funcionamiento de las señales emitidas por los semáforos, un fácil manejo de los componentes y programas implementados y el registro de las actividades de los vehículos de emergencia. En esta sección se detalla la lista de exigencias del sistema, así como los requisitos establecidos. Entre los puntos requeridos están los siguientes:

- a)* **Función principal:** Modificar las señales emitidas por el sistema de control vehicular o semáforo, para reducir el tiempo que le toma a un vehículo de emergencia cruzar una intersección debido al tráfico.
- b)* **Modularidad:** El sistema general presenta un desarrollo mediante la división de actividades o módulos para garantizar una efectividad en su fun-

cionamiento en cada sistema, los submódulos propuestos son los siguientes: submódulo 1 de funcionamiento del control de señales de salida en semáforos (Sistema de semáforos), submódulo 2 de funcionamiento de control de interacción de alerta y vehículos frente a una emergencia (Sistema de alerta de emergencias) y submódulo 3 de funcionamiento para el control de la ruta en un vehículo de emergencia (Sistema de administración de vehículos de emergencias o SAVE)

- c) **Control:** El sistema controlará señales como las salidas del semáforo, el control de la intensidad luminosa en las señales de salida, controlar la duración de los cambios en las señales de salidas, el control de la generación de una ruta eficiente para un vehículo frente a una situación de emergencia.
- d) **Seguridad:** El sistema de semáforos (submódulo) presenta un nivel de protección de tipo IP65 para garantizar una impermeabilidad frente a las características climatológicas de la ciudad de Lima.
- e) **Mantenimiento:** El diseño del sistema de semáforos (submódulos), analizado como un componente en bloque, debe permitir un mantenimiento según el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en Calles y Carreteras presentado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones; por ejemplo, los procesos de pintado de semáforos deberán hacerse con una frecuencia de al menos dos años.
- f) **Software:** Los sistemas que desarrollen una aplicación para dispositivos móviles deberán adaptarse a cualquier variación de los sistemas operativos Android 5.0 o superior; ya que representa el 85 % aproximado de dispositivos que podrá utilizar la aplicación.
- g) **Comunicación:** El modelo de comunicación están sujetos a los diferentes sistemas internos o submódulos que desarrolla el sistema, los sistemas son los siguientes: sistema de semáforos: Utiliza un dispositivo o módulo de posicionamiento global conectado a una red inalámbrica para enviar sus datos.

sistema de alerta de emergencias: Utiliza la conexión de red (móvil o wifi) de los dispositivos móviles para enviar la alerta y datos necesarios. sistema de administración de vehículos de emergencias o SAVE: Utiliza la conexión de red (móvil o wifi) de los dispositivos móviles para recibir la alerta, la ruta establecida tentativa y datos necesarios. Además, todos podrán enviar datos a una central de almacenamiento de información (NUBE) o Servidor local.

h) Interfaz de usuarios: El sistema completo permite la interacción de los subsistemas o módulos internos mediante una aplicación para dispositivos móviles, utilizando las pantallas que estos poseen.

i) Geometría: El sistema de semáforos (submódulo) presenta un tamaño que no deberá exceder las siguientes dimensiones determinadas por su configuración:

- 1) **Configuración vertical:** 90 cm x 30 cm x 25 cm (sin considerar protector externo)
- 2) **Configuración horizontal:** 30 cm x 90 cm x 25 cm (sin considerar protector externo)

Además; estas dimensiones garantizan una **transportabilidad** del sistema de semáforos para su instalación o una reparación requerida o establecida por el técnico respectivo.

j) Material: El sistema de semáforos (submódulo) deberá ser de policarbonato de alta resistencia mecánica, también deberá tener una capa de pintura de color negro, amarillo o una combinación de ambos, pero con protección UV, esto para garantizar su durabilidad y su mantenimiento preventivo; además la pantalla de contraste (opcional) deberá ser de color oscuro (o negro mate) para generar un contraste adecuado de las señales con importante polución lumínica. Estos puntos responden, también, a un diseño **estético** que requerido según Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en Calles y Carreteras

- k) **Energía:** El sistema de semáforos (submódulo) debe contemplar la utilización de una red de alimentación (trifásico o monofásico) estándar cuyas características es 220 voltios y 60 hertz.
- l) **Legalidad:** El sistema de semáforos, principalmente, está sujeto a las normas de diseño de semáforos según el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en Calles y Carreteras presentador por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- m) **Fabricación:** El sistema de semáforos (submódulo) debe contemplar los requerimientos de materiales y geométricos; además el diseño deberá tener una conexión para los distintos tipos de anclajes que se utilizan en su instalación para asegurar su simpleza y efectividad.
- n) **Montaje:** El sistema de semáforos (submódulo) debe tener un sistema de conexión dependiendo el tipo de ensamble, los tipos de ensambles a usar son los siguientes: ensamble vertical, mediante un adaptador en un extremo como mínimo; el adaptador usa un conjunto de tres espárragos roscados para sujetarse al soporte de acero² y ensamble horizontal, mediante un juego de abrazaderas para sujetar la el soporte tipo ménsula, fijando su posición utilizando espárragos roscados en extremo.
- ñ) **Uso:** Los sistemas que interactúen directamente con las personas (aplicación para dispositivos móviles) deberán estar diseñados con la mínima cantidad de procesos posibles, para garantizar el menor tiempo de retardo entre una emergencia y el inicio del tiempo de respuesta.
- o) **Tiempo** El sistema de semáforos (submódulo) ubicando en un cruce que requiera utilizar el sistema de emergencia para garantizar un tiempo de respuesta efectivo; no deberá exceder de los cinco segundos desde que se inicia la detección en su zona. También, los sistemas que interactúen con los usua-

²Los soportes de un semáforo es del tipo ménsula, que se adapta utilizando abrazaderas para fijar su altura. Estos soportes varían según la cantidad de semáforos en un mismo punto, el cual puede ser soporte simple, soporte doble de 180 grados, soporte doble de 90 grados, soporte triple o de 120 grados.

rios deberán tener un tiempo máximo de 20 segundos para enviar o recibir la información requerida, esto garantiza un tiempo de acción corto y un menor tiempo de respuesta ante una emergencia.

- p)* **Escalable:** El sistema genera debe permitir la ampliación de los sistemas de semáforos (submódulo), esto permite la creación de más puntos (cruces) con la capacidad de generar un cambio en su señal utilizando el mismo sistema de comunicación del vehículo.
- q)* **Automatización:** El sistema debe tener procesos automatizados en base a reglas de jerarquías necesarias que garanticen un funcionamiento correcto en el caso de tener más de un vehículo de emergencia en dirección a un cruce. Además, deberá realizar una gestión vehicular mínima para garantizar un orden pre establecido.
- r)* **Peso:** El sistema de semáforos (submódulo) no deberá exceder los 15 kilogramos de peso, para ambos tipos de soportes (tipo ménsula o tipo poste); con la finalidad de no generar cargas grandes a estas estructuras³.

3.2. Estructura de funciones

3.2.1. Blackbox

Se presenta el Blackbox del sistema. En la figura 3.10 se muestran las entradas y salidas globales como la energía (E) y señales (S). El sistema consta con tres módulos de funcionamiento interconectados. El primer módulo representa a la interacción entre los usuarios mediante una interfaz visual. El segundo módulo representa la toma de decisiones o la central de procesamiento de información para controlar una red de semáforos, vehículos y operarios. Finalmente, el tercer módulo desarrolla el funcionamiento de activación para lograr el cambio de señales mostradas en un semáforo.

³Los soportes de anclaje de un semáforo serán reutilizando

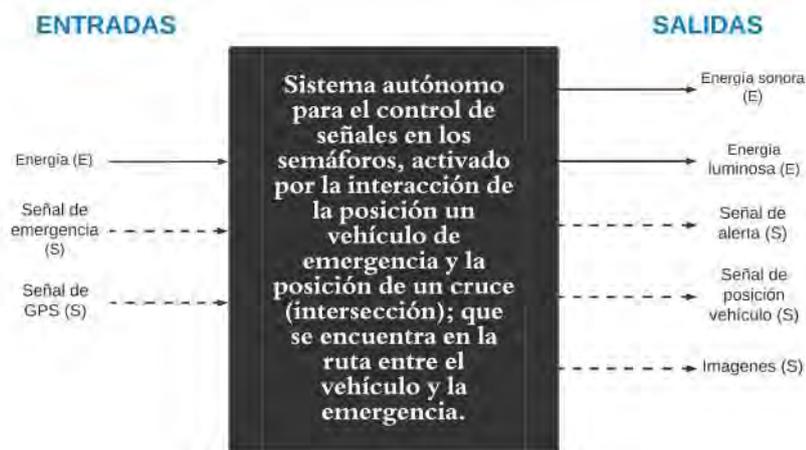


Figura 3.1: Blackbox del sistema.

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2. Lista de funciones

En el anexo A, se desarrollan los módulos expuestos en el Blackbox, detallando de manera concisa sus funciones y la forma de interacción entre cada una. También, se muestra la estructura de funciones de manera general y dividida en bloques, que explican sus procesos por separado (procesos definidos) y como se integra para generar un solo sistema (proceso general).

3.3. Matriz morfológica

Se presenta la matriz morfológica con tres grupos de funciones, combinando las sus formas de funcionamiento. Mediante esta tecnología se evalúan las diferentes alternativas de solución y lograr una solución óptima para el proyecto. El desarrollo se observa en el Anexo B.

3.4. Diseño de implementación

Este subcapítulo desarrolla e ilustra los diseños y operación de los sistemas en el proyecto, así como las tres posibles soluciones que se puede implementar para lograrlo. El primer desarrollo describe el funcionamiento de los nuevos semáforos, cumpliendo sus funciones como en la matriz morfológica; de la misma manera el desarrollo de la idea que define la intercomunicación de los sistemas, así como la interfase graficas necesarias. Se elaboraron los dibujos correspondientes para mejorar la comprensión de la distribución de mecanismos, componentes o modos de conexión. También, se realizó la evaluación del diseño óptimo para el proyecto en base a la metodología VDI 2221. Esto lo desarrolla la matriz de decisión, utilizando criterios de puntaje por pesos, así como una interacción, se evalúa cada solución posible con una nota final. En el anexo C, se contempla las ilustraciones de la implementación general con sus respectivos detalles.

3.4.1. Descripción del entorno de funcionamiento del sistema

En las figuras 3.2, 3.3 y 3.4, se presentan los entornos en donde funcionan cada dispositivo (semáforos, interfase de comunicación y central de procesamiento). Los semáforos implementados deberán remplazar los actuales cuyo tipo de soporte sea ménsula (1) o poste (2) que se encuentre en cruce vehicular (3); además, debe mantener su funcionamiento regular proporcionado por su controlador propio (4). También, la interacción que permite a los operadores de llamadas de emergencias comunicarse con los conductores de las ambulancias es mediante un dispositivo móvil; ubicados frente al conductor (5) sin impedir su visión o en la zona del copiloto (6) mientras que los operarios ubicaran estos dispositivos en los diferentes centros de atención emergencias (7) activos durante ese momento. Finalmente, la estación central puede ser instalada dentro de los centros de atención (7), para poder tener un rápido acceso en caso de reparaciones.

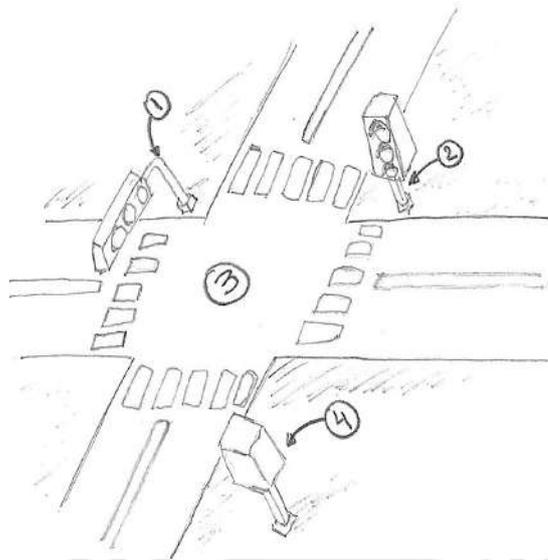


Figura 3.2: Entorno externo del sistema.
Fuente: Elaboración Propia

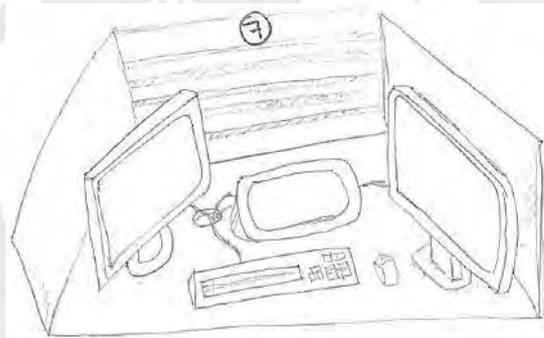


Figura 3.3: Entorno interno del control de recepción de emergencias.
Fuente: Elaboración Propia

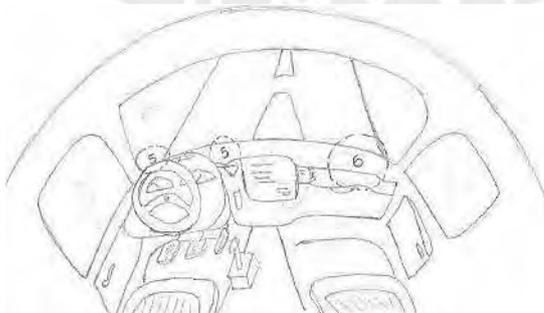


Figura 3.4: Entorno interno del vehículo de emergencia.
Fuente: Elaboración Propia

3.4.2. Diseño del sistema informático y control central

El diseño del proyecto contempla la creación un software que permita cumplir las funciones necesarias para lograr la intercomunicación entre el operario y el conductor del vehículo siguiendo los parámetros de entorno establecidos anteriormente; además, la implementación de una central que pueda interactuar con grandes cantidades de señales al mismo tiempo (workstation). Por ello, la evaluación de selección del diseño óptimo, combina una de las dos posibilidades de solución informática (laptop o dispositivo móvil) y la estación central⁴. También, el diseño informativo presenta las ventanas de trabajo que puede usar un usuario; como se muestra en la figura 3.5 y la figura 3.6 estas ventanas contienen los parámetros requeridos para lograr el envío y recepción de datos, así como la interfaz visual que muestre el destino del conductor del vehículo de emergencia. Finalmente, es necesario contemplar la elaboración de otras ventanas que permitan el uso del sistema completo, algunas de estas ventanas son: el acceso al sistema, la configuración, los datos almacenados, la capacidad de agregar o quitar elementos (vehículos o semáforos); con la finalidad de asegurar la escalabilidad del sistema. Estos puntos se muestran en el Anexo D.

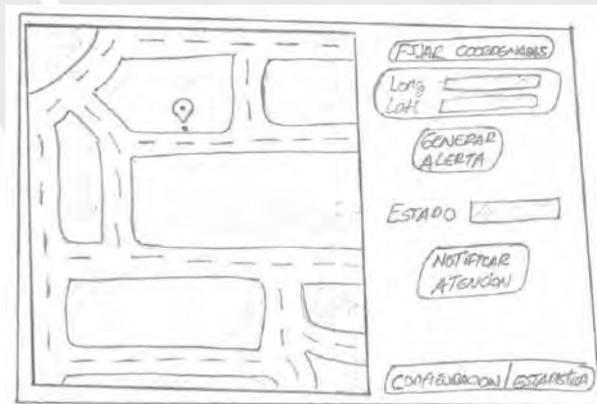


Figura 3.5: Ventana de interfase para el operador.
Fuente: Elaboración Propia

⁴Los diseños se desarrollan más adelante combinan un diseño informático (móvil o laptop) y una estación central para ser evaluados posteriormente.

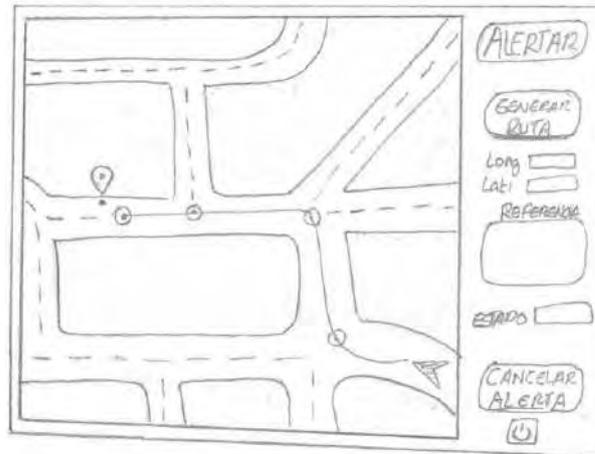


Figura 3.6: Ventana de interfase para el vehículo de emergencia.
Fuente: Elaboración Propia

3.4.3. Diseño del sistema N° 1

El primer diseño de solución utiliza una implementación de software para un dispositivo móvil (ver figura 3.3) para implementar la interfase de comunicación entre operadores de emergencias y conductores de vehículos, mientras que la implementación del sistema de gestión vehicular se desarrolla como se muestra en la figura 3.7 y la tabla 3.1. El bloque completo el desarrollo interno del sistema de cambio de luces mediante una pantalla de contraste (3) sobre una carcasa (4) conectada por soportes (5) y ancladas a un eje (8). Las láminas de colores pueden girar por el sistema de engranajes (10) impulsados por un actuador (15). La señal de activación para el cambio de color emitido por la luz led de color blanco (1) es generador por controlador (11) que recibe la información del módulo de recepción (12). Todo es energizado por el sistema de intercambio y distribución de energía general (13). Cuando la señal de emergencia se desactive, los actuadores regresan a su posición normal para continuar con las señales naturales de funcionamiento.

Tabla 3.1: Componentes del semáforo N°1

Item	Detalle
1	Luz led tipo blanco
2	Tapa trasera de luces led
3	Lamina de colores
4	Armazón giratorio para cambiar láminas de colores
5	Sistema de anclajes del armazón
6	Fijación del armazón
7	Punto de fijación
8	Eje de rotación
9	Sistema de giro
10	Engranajes cónicos
11	Controlador del sistema (señales y giros)
12	Módulo de recepción de señal externa
13	Módulo de intercambio y distribución de energía general
14	Actuador
15	Pernos de anclaje del actuador
16	Cable de alimentación luces
17	Cable de control actuadores
18	Cable de señal externa
19	Cable de alimentación interna
20	Cable de alimentación externa
21	Punto de unión del sistema de anclajes del armazón

Fuente: Elaboración Propia

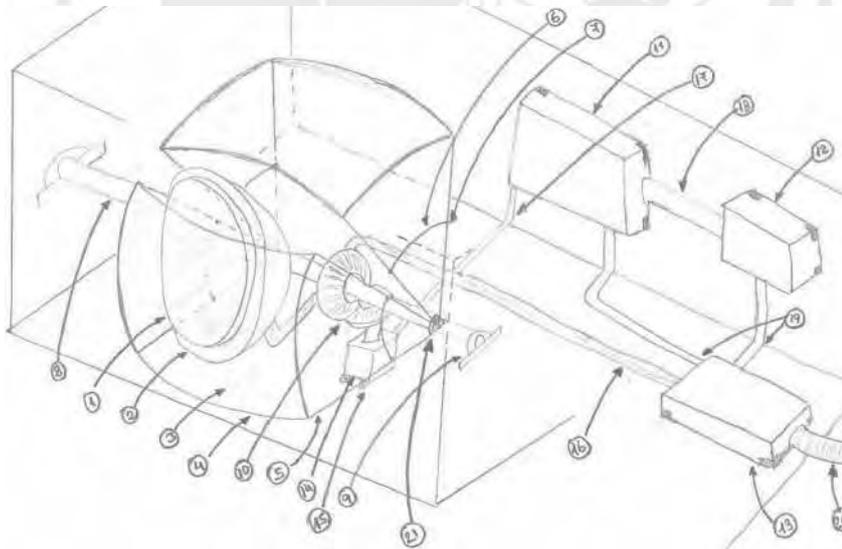


Figura 3.7: Diseño del semáforo N°1

Fuente: Elaboración Propia

3.4.4. Diseño del sistema N° 2

El segundo diseño de solución utiliza una implementación de software para una laptop (ver figura 3.3) para implementar la interfase de comunicación entre operadores de emergencias y conductores de vehículos, mientras que la implementación del sistema de gestión vehicular se desarrolla como se muestra en la figura 3.8 y la tabla 3.2. El bloque completo (23) que contiene el sistema recibe la energía de manera lateral (22), pasa por el distribuir de energía (16) para alimentar los diferentes controladores de señales, actuación y envío de información. Esto permite el funcionamiento regular del sistema de control vehicular hasta que se reciba la señal de emergencia (24), accionado el control de energía (17), activando el control de luz led (14) y cambiar los colores de las señales emitidas (1); también accionar el giro (9) para enfatizar la necesidad de una emergencia cambiando el ángulo de ataque de las luces. Cada sistema de iluminación utiliza su propio controlador de luz (14). Finalmente, cuando la señal de posición vehicular recibidas (24) detecten fuera de la zona de cobertura, los actuadores retornan a una posición inicial, los controladores (14) utilizan la configuración de luces naturales y el sistema de distribución de energía (16) conecta los sistemas generales.

Tabla 3.2: Componentes del semáforo N°2

Item	Detalle
1	Luz led tipo RGB
2	Tapa trasera de luces led
3	Eje de rotación
4	Sistema de giro
5	Soporte de giro
6	Anclaje de movimiento
7	Barra de movimiento
8	Brazo de giro
9	Actuador
10	Pernos de anclaje del actuador
11	Carcasa interna de led
12	Cable de alimentación luces led
13	Cable de control actuadores
14	Controlador de luces RGB
15	Controlador del sistema (señales y giros)
16	Distribución de energía
17	Controlador de energía
18	Cables de control a RGB
19	Cable de control actuadores
20	Cable de alimentación interna
21	Cable de control alimentación interna
22	Cable de alimentación externa
23	Estructura externa
24	Módulo de recepción de señal externa

Fuente: Elaboración Propia

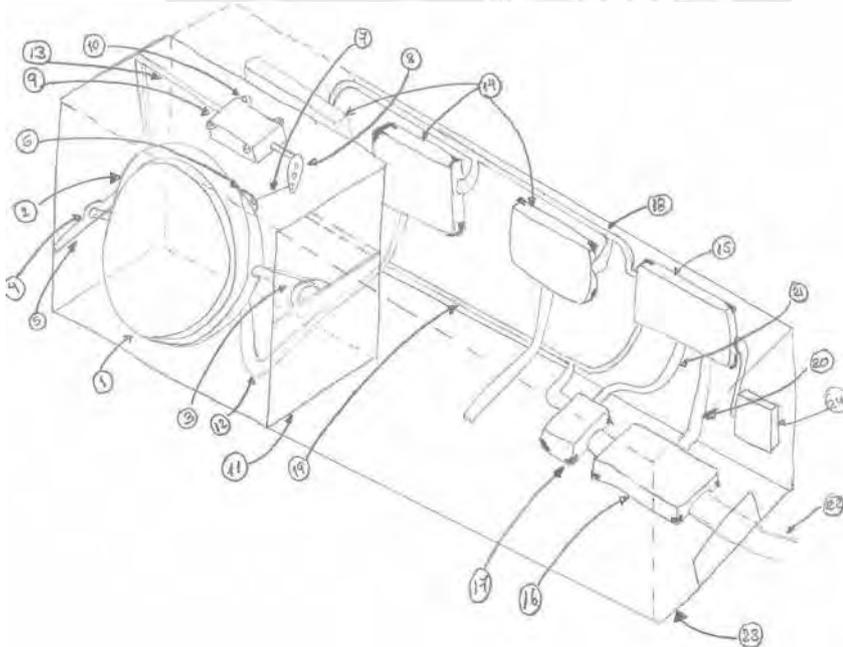


Figura 3.8: Diseño del semáforo N°2

Fuente: Elaboración Propia

3.4.5. Diseño del sistema N° 3

El tercer sistema de solución utiliza una implementación de software para un dispositivo móvil (ver figura 3.3) para implementar la interfase de comunicación entre operadores de emergencias y conductores de vehículos, mientras que la implementación del sistema de gestión vehicular se desarrolla como se muestra en la figura 3.9 y la tabla 3.3. El bloque que genera el cambio de señales (20), contiene un sistema de doble de luces led (1) el cual intercambia de posición utilizando un anclaje de barras (3) unidas a un eje principal (5) impulsados por actuadores (8) mediante engranajes (6). Los actuadores reciben la señal externa (22) que genera las señales internas en el sistema de control (12) para activar el cambio de energía (13) y activar el controlador de giros (11). Este proceso se mantiene activo hasta que el vehículo de emergencia reporte que ya utilizó el cruce, lo cual desactiva las señales generadas y reactiva el sistema natural, para continuar con el control de tráfico de manera regular.

Tabla 3.3: Componentes del semáforo N°3

Item	Detalle
1	Luz led de color fijo
2	Tapa trasera de luces led
3	Barra de fijación de luces
4	Sistema de giro
5	Eje de rotación
6	Engranajes
7	Pernos de fijación del eje
8	Actuador
9	Pernos de anclaje del actuador
10	Tope de giro para tapa de luces
11	Controlador de actuadores
12	Controlador del sistema
13	Controlo y distribución de energía
14	Cable de alimentación de luz led 1
15	Cable de control actuadores
16	Cable de conexión entre controladores
17	Cable de alimentación de luz led 2
18	Cable de alimentación y control interno
19	Cable de alimentación externa
20	Carcaza interna de led
21	Carcaza externa del bloque
22	Módulo de recepción de señal externa

Fuente: Elaboración Propia

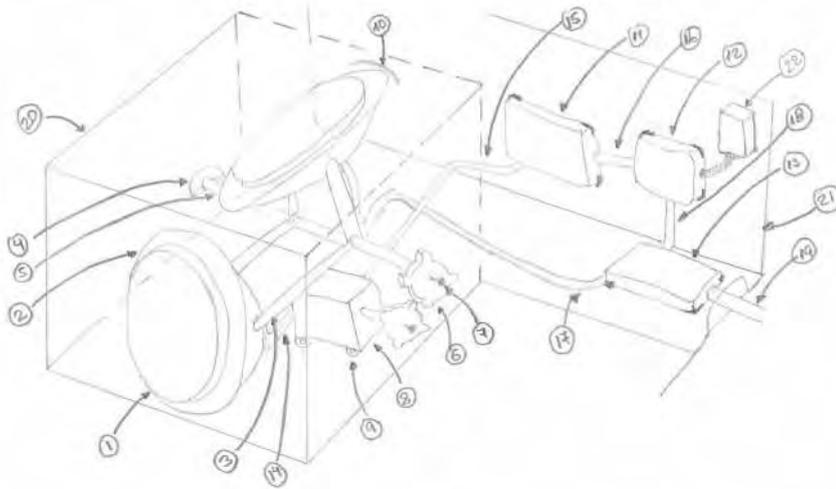


Figura 3.9: Diseño del semáforo N°3
Fuente: Elaboración Propia

3.5. Selección del diseño óptimo

Para determinar la solución óptima se analiza los criterios de diseño, tanto el medio de implementación de software, como los esquemas de conceptos. Para ello, según la norma VDI 2221 cada solución presentada debe ser analizada de manera técnica y económica. Los pesos ponderados (g) están entre el rango de 1 a 3, mientras que los pesos de satisfacción (p) están en el rango de 1 a 4, donde el primero representa la poca o nula satisfacción y el último una alta o total satisfacción para el proyecto. Para establecer una elección dentro del diseño y sistema óptimo, el valor mínimo del puntaje de solución deberá ser de 0.7 para garantizar un nivel alto de efectividad en todo el sistema.

3.5.1. Evaluación de sistemas completos

En la tabla 3.4 y 3.5 se muestran los puntajes asignados según los criterios técnicos y económicos respectivamente. Así mismos, la figura 3.10 muestra las soluciones totales agrupadas. Por lo tanto, luego de evaluar se determinará que la solución más óptima es la N° 1, cumpliendo con las condiciones mencionadas a lo largo del proyecto.

Tabla 3.4: Evaluación económica de los sistemas propuestos

Criterios de evaluación										
p: puntaje de 0 a 4										
0 = No satisface, 1 = satisface baja, 2 = regular, 3 = alto, 4 = Muy alto (ideal)										
g: peso ponderado (pesos de 1 a 3)										
N°	Criterios de evaluación técnica	g	Solución 1		Solución 2		Solución 3		Ideal	
			p	pxg	p	pxg	p	pxg	p	pxg
1	<i>Desarrollo modular</i>	2	4	8	3	6	3	6	4	8
2	<i>Control complejo del sistema</i>	2	3	6	3	6	3	6	4	8
3	<i>Seguridad</i>	2	3	6	3	6	4	8	4	8
4	<i>Efectividad del sistema</i>	3	4	12	3	9	3	9	4	12
5	<i>Comunicación e interfase</i>	3	3	9	3	9	3	9	4	12
6	<i>Frecuencia de montaje y desmontaje</i>	2	4	8	2	4	2	4	4	8
7	<i>Espacio ocupado</i>	3	4	12	3	9	3	9	4	12
8	<i>Tiempo de fabricación</i>	2	3	6	2	4	2	4	4	8
9	<i>Tiempo de respuesta</i>	3	4	12	3	9	3	9	4	12
10	<i>Facilidad de uso</i>	3	3	9	3	9	3	9	4	12
11	<i>Escalabilidad del sistema</i>	3	3	9	3	9	3	9	4	12
12	<i>Automatización de procesos</i>	3	4	12	4	12	4	12	4	12
13	<i>Control de movimiento</i>	1	3	3	2	2	2	2	4	4
Puntaje máximo		32	45	112	37	94	38	96	52	128
Valor técnico			0,875		0,734		0,750		1.000	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.5: Evaluación técnica de los sistemas propuestos

Criterios de evaluación										
p: puntaje de 0 a 4										
0 = No satisface, 1 = satisface baja, 2 = regular, 3 = alto, 4 = Muy alto (ideal)										
g: peso ponderado (pesos de 1 a 3)										
N°	Criterios de evaluación técnica	g	Solución 1		Solución 2		Solución 3		Ideal	
			p	pxg	p	pxg	p	pxg	p	pxg
1	<i>Costos de mantenimiento</i>	2	3	6	2	4	2	4	4	8
2	<i>Costos de implementación del software</i>	2	4	8	4	8	4	8	4	8
3	<i>Costo de la tecnología</i>	3	4	12	3	9	2	6	4	12
4	<i>Costo de los materiales</i>	3	3	9	2	6	3	9	4	12
5	<i>Costo energético</i>	2	3	6	3	6	3	6	4	8
6	<i>Costo de fabricación</i>	2	4	8	4	8	4	8	4	8
7	<i>Número de piezas</i>	3	3	9	2	6	2	6	4	12
8	<i>Accesibilidad a los componentes</i>	3	4	12	4	12	4	12	4	12
Puntaje máximo		20	28	70	24	59	24	59	32	80
Valor técnico			0,875		0,738		0,738		1.000	

Fuente: Elaboración Propia

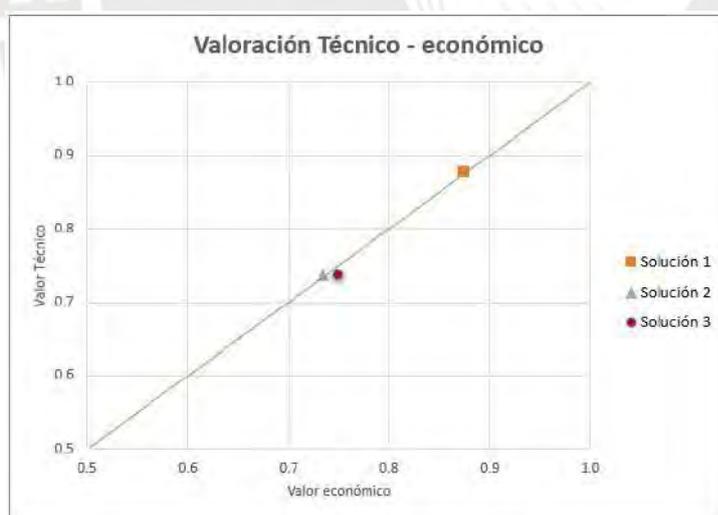


Figura 3.10: Gráfica de evaluación de los criterios técnicos y económicos.

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2. Diseño del sistema optimo

Los datos obtenidos en la figura 3.10, desarrollada anteriormente, muestran que la solución óptima es la N° 1 cuyo funcionamiento del sistema de control de gestión vehicular lo describe la figura 3.7. En la figura 3.11 se muestra en esquema externo del sistema. Los detalles del concepto optimo se desarrollan en el Anexo D-4.

El sistema de aplicación de la solución N° 1 es implementada en dispositivos móviles cuyo sistema operativo sea de característica Android. Esto estará implementado con la lógica de control y la creación de jerarquías permitiendo al sistema desarrollar las diferentes tomas de decisiones o resolución de conflictos que se puede presentar durante su funcionamiento. Algunos de los puntos que contemplan la implementación de la lógica son los siguientes:

1. Jerarquía de posiciones para determinar la ruta más corta que garantice un menor tiempo de respuesta.
2. Jerarquía de ruta, si más dos vehículos requieren usar el sistema, el más cercano tendrá prioridad o se indicará una ruta general para llegar a un mismo punto.
3. Jerarquía de velocidades para determinar qué tan rápido debe cambiar el sistema de modo normal a modo de emergencia; ya que generar cambios bruscos en las señales de tránsito puede alterar el comportamiento de las personas y generar malas decisiones.
4. La creación de unas nuevas normas en el reglamento determinado por el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTC) que regulan el sistema actual de tránsito, para generar una nueva conciencia en las personas del funcionamiento de las nuevas señales que se mostraran en los semáforos y las acciones que deben tomar.

Estos puntos muestran las características mínimas del desarrollo e implementación de la lógica de control deberá tener el sistema completo.

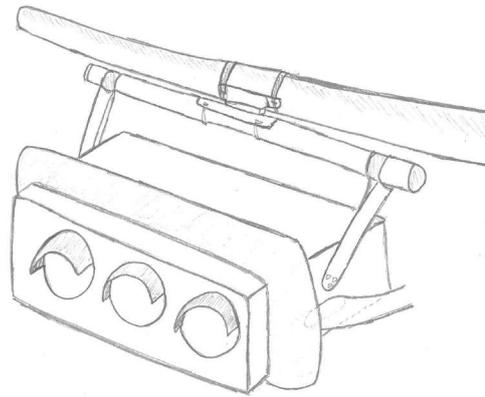


Figura 3.11: solución óptima del diseño de los nuevos semáforos - vista exterior.

Fuente: Elaboración Propia

3.5.3. Diagrama de operaciones del procedimiento de uso del sistema

En esta sección se mostrar el diagrama de operaciones generales, esto incluye las operaciones por medio de la interfase gráfica, ver figura 3.12 parte a) y las operaciones que se realizan en los semáforos para el cambio de señales, parte b).

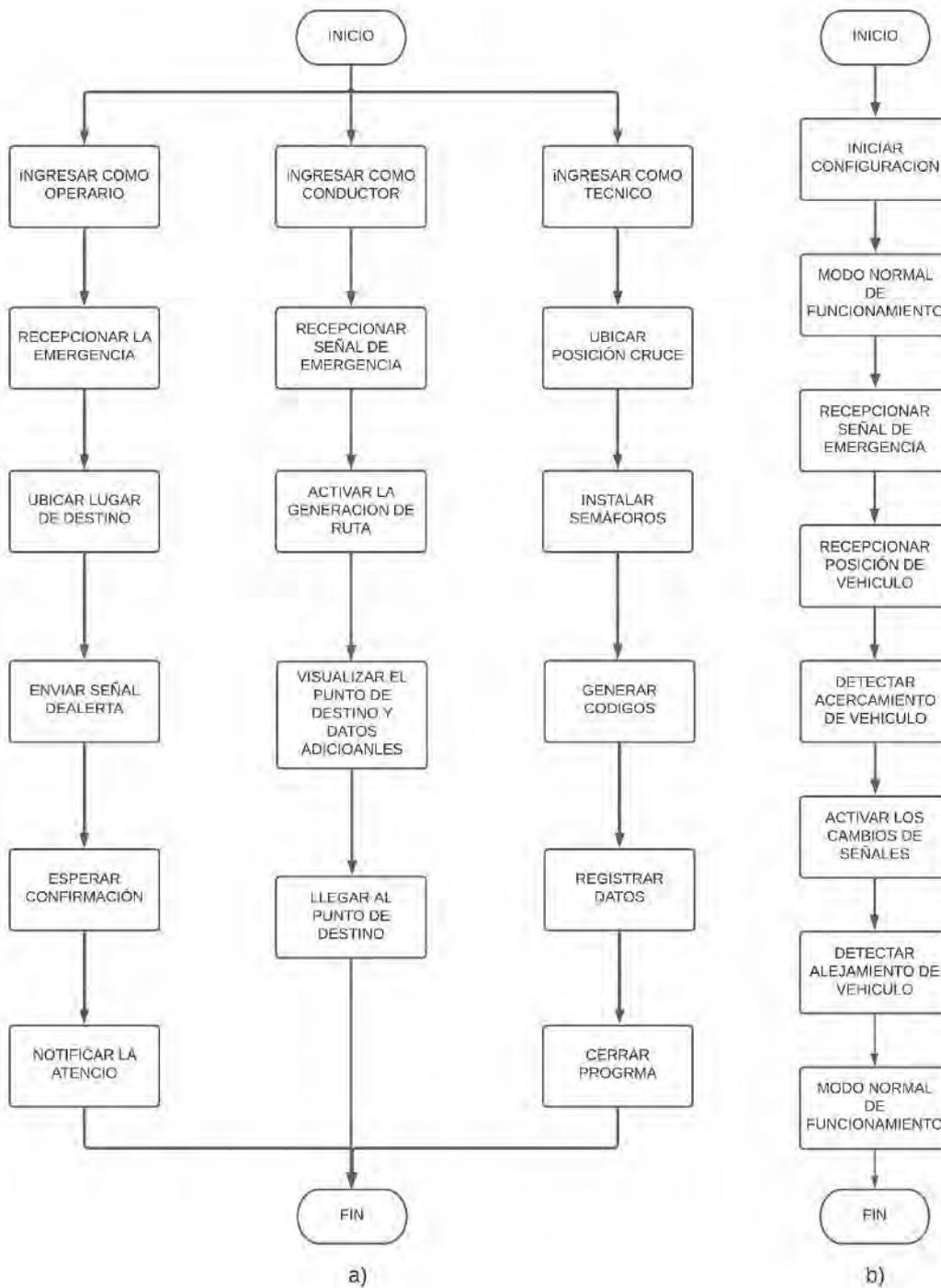


Figura 3.12: Diagrama de operaciones del procedimiento generales en: a) usuarios de interfase gráfica y b) semáforo

Fuente: Elaboración Propia

3.5.4. Diagrama de flujo del sistema

En la presente sección se muestra el diagrama de flujo del sistema completo como se observa en la Figura 3.13 y 3.14

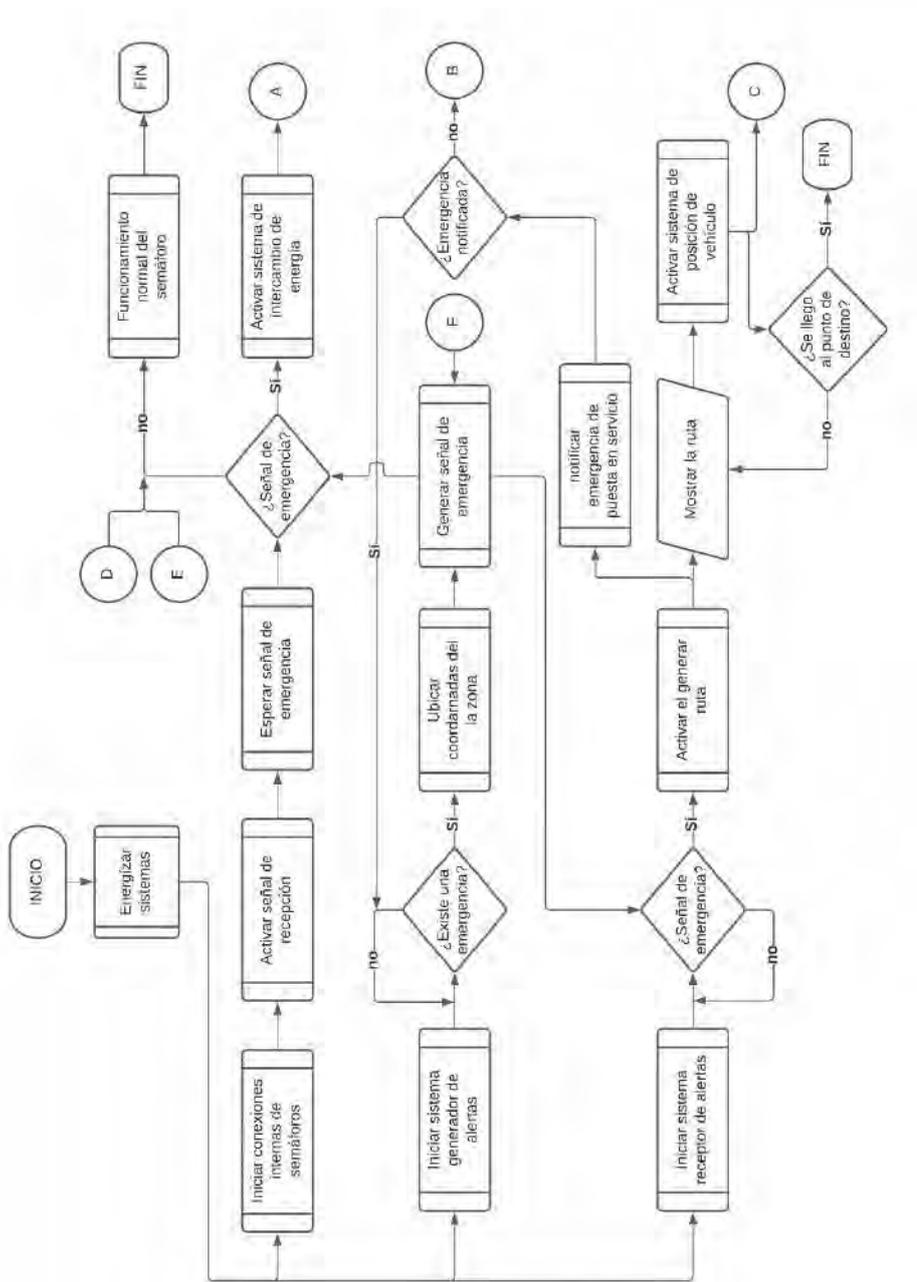


Figura 3.13: Diagrama de flujo – parte 1
Fuente: Elaboración Propia

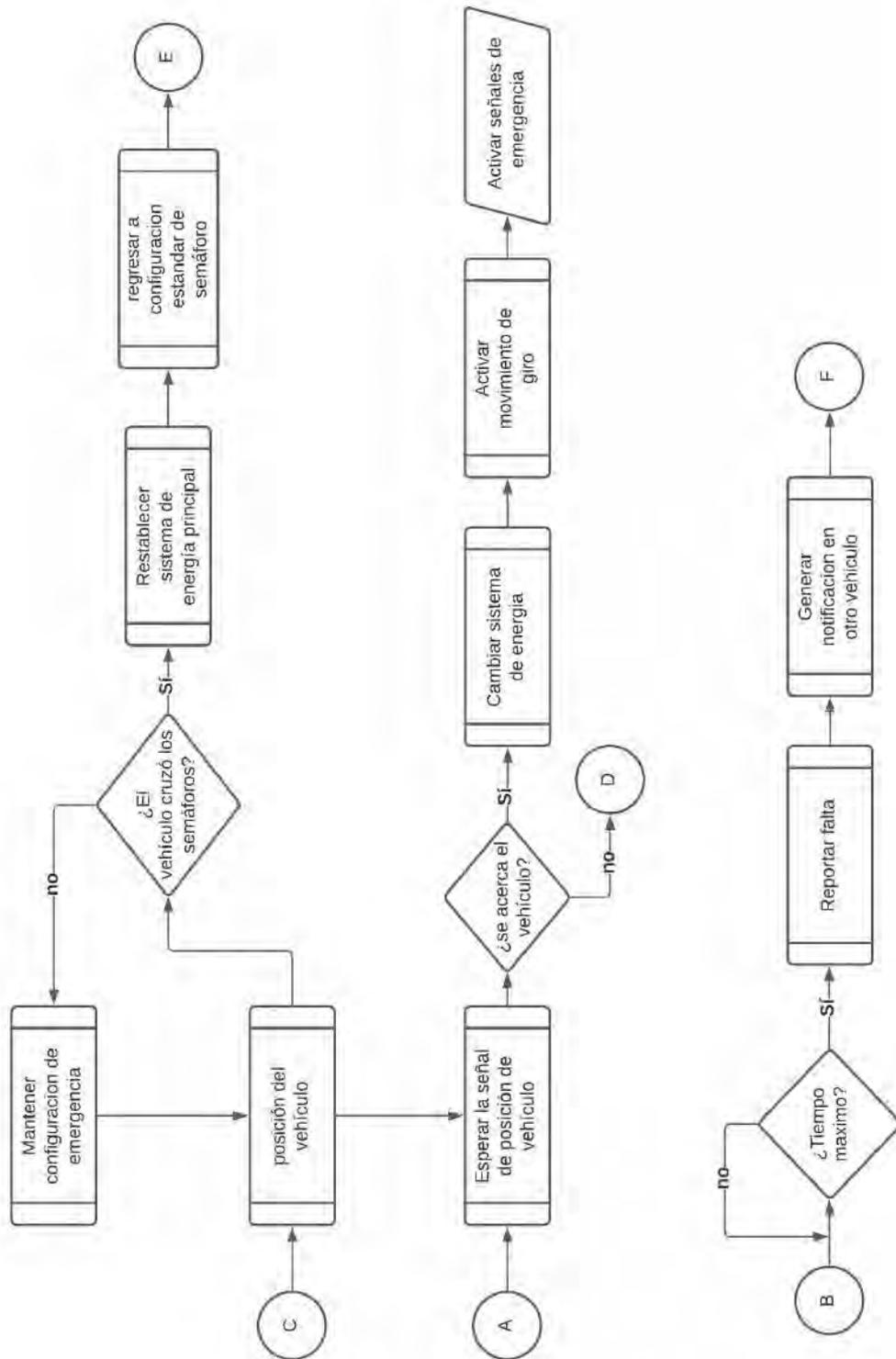


Figura 3.14: Diagrama de flujo – parte 2
 Fuente: Elaboración Propia

Capítulo IV

Diseño de ingeniería

El presente capítulo desarrolla el diseño de ingeniería del sistema a implementar, considerando las exigencias, características, necesidades, funcionalidad, ventajas, etc que se realizan en cada bloque del proyecto, estos están divididos en eléctrica-electrónica, mecánica y control.

4.1. Análisis de componentes eléctricos - electrónicos

El sistema de energización se centra en el diseño del semáforo, como se muestra en la figura 4.1, la energía necesaria para lograr el funcionamiento del sistema está determinado por componentes requeridos en cada bloque de trabajo como los actuadores, sistema de intercambio de energía, controlador y iluminación.

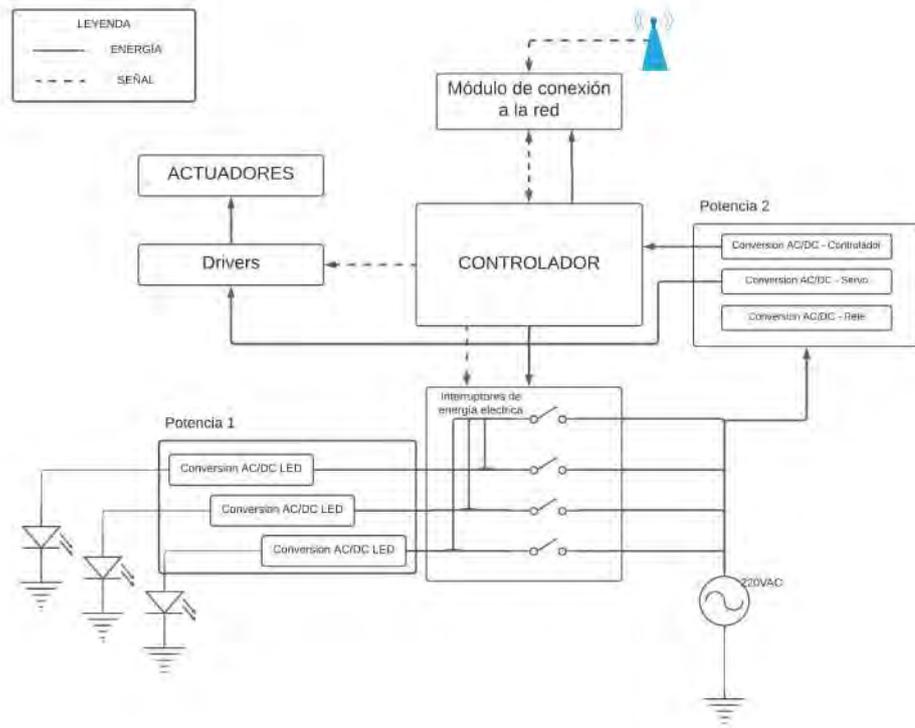


Figura 4.1: Esquema de conexión de potencia
Fuente: Elaboración Propia

4.1.1. Análisis de componentes para convertir voltaje alterno en continuo

Para realizar un correcto funcionamiento del semáforo es requerido reducir la tensión de trabajo que se utiliza, en el Perú la tensión estándar de trabajo es 220 voltios en corriente alterna y 60 hertz; sin embargo, por el estudio del diseño es requerido reducir el uso voltajes menores y en corriente continua. Para el proyecto se busca reducir la tensión en corriente alterna a una tensión en corriente continua intermedia utilizando convertidor de corriente alterna a corriente continua (AC-DC) teniendo como referencia un valor de tensión de 12 voltios (valor estandarizado) para todos los componentes a energizar.

Para determinar el componente a implementar se analizan las características desarrolladas en la tabla 4.1. Esta tabla determina el funcionamiento estándar de cada compo-

nente; por ello, cualquier opción es válida para ser implementada como solución óptima (bajo características energéticas); sin embargo, la dimensión del diseño de un semáforo, requiere utilizar el menor espacio posible; Por ello, la implementación de sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS por sus siglas en ingles - Uninterruptable Power Supply) no es viable. En la figura 4.2, se muestra la elección óptima para el sistema de energizado mediante una fuente conmutada.

Tabla 4.1: Características de fuentes de alimentación de componentes

FUENTE UPS	FUENTE COMUTADA
<ul style="list-style-type: none"> ■ Fuente de energía eléctrica que permite abastecer cualquier componente conectado, a diferentes niveles de tensión. ■ Sistema de protección contra picos de tensión, sobrecargas y energía limpia de alto rendimiento. ■ Tamaño grande y compactos 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fuente de energía para abastecer uno o varios componentes conectados. ■ Sistema de protección contra sobrecargas de rendimiento medio-alto. ■ Dimensiones pequeñas y diseño prácticos para espacios reducidos.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 4.2: Fuente conmutada

Fuente: Peptel (2021)

4.1.2. Análisis de componentes electrónicos emisores de luz

Para analizar la potencia requerida para diseñar las luces se tomará las consideraciones los datos obtenidos por los reglamentos del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, 2016) como la intensidad luminosa, dimensiones o distancia mínima para percibir el cambio por el ojo humano; para ello se implementa la tecnología de diodos emisores de luz o LED (Light Emitting Diode) ; Sin embargo, para el desarrollo óptimo del sistema se implementarán dos tecnologías aplicadas a la luminaria LED, los dispositivos montado en superficie o SMD (surface mounted device) y los de chip en la placa o COB (chip on board).

Algunas características presentes en esta tecnología son los modelos estándares en el mercado, tamaños pequeños y compactos, los SMD son resistentes frente a los golpes, puede generar 60 lúmenes (SMD) y 120 lúmenes (COB) por vatio de consumo, implementan sistemas de disipación de calor y cuando un diodo se daña (SMD) no afecta el funcionamiento de los diodos adyacentes.

Para el proyecto se recomienda la tecnología SMD, como se muestra en la figura 4.3 cuyas características son descritas en la tabla 4.2. Sin embargo, la tecnología COB como se muestra en la figura 4.4, puede ser implementada ya que cumple las condiciones de diseño mínimo.

Tabla 4.2: Datos de implementación de diseño de para las luces

Característica de diseño	Valor	Unid
Voltaje	12	Voltios
Corriente	0.15	Amperios
Potencia	1.7	Vatios
Lúmenes	500	Lm
Color	Blanco	-

Fuente: Elaboración Propia



Figura 4.3: LED 3030 6-SMD Canbus

Fuente: Amazon (2021a)



Figura 4.4: LED G4 COB

Fuente: Vicloon Amazon (2021b)

4.1.3. Análisis de componentes electrónicos rotativos (actuador)

Un movimiento determinado puede ser generado por un actuador; para el proyecto es requerido un actuador rotativo, que pueda generar el movimiento de los intercambiadores de luces. Un motor de corriente continua genera un movimiento rotativo, en la tabla 4.3, se muestra las características como la velocidad, fuerza y su capacidad de control (menor valor, mayor precisión) si se implementan de manera directa (sin controladores, drivers o componentes externos). Estos valores están determinados por el voltaje de alimentación establecido anteriormente cuyo valor es de 12 VDC (excepto un servo motor cuyo valor de alimentación es de 6 VDC) y tener tamaños reducidos (no mayor a 30 cm). Sin embargo, es recomendable utilizar sistemas externos que mejoren el control de velocidad y precisión. Uno de estos sistemas externos son los encoders. Los encoders son componentes que permite medir la velocidad y el sentido de giro utilizando sensores de efecto Hall como se describe en la figura 4.5; el cual, mediante el uso de imanes se genera un campo magnético para determinar el tipo de giro (horario o antihorario) que presenta el motor en todo momento, esto aumenta el control de manera absoluta. Un motor a pasos, no requiere un encoder debido a que su precisión es casi absoluta; sin embargo, su costo es mayor con respecto a un motor DC (engranado o sin escobillas), ya que sus aplicaciones son de mayor demanda como en CNCs o impresoras 3D. Por ello, se recomienda un motor DC Brushless con encoder.

Tabla 4.3: Tabla comparativa actuadores rotativos

	Características		Control
	Velocidad (rpm)	Fuerza/Par (kg.cm)	Posición (%)
Motor DC	3000	1,50	70%
Motor DC (engranada)	550	2,50	60%
Motor sin escobillas	10 000	0,40	70%
Servo	80	2,30	5%
Motor paso a paso	600	2,00	5%

Fuente: Elaboración Propia

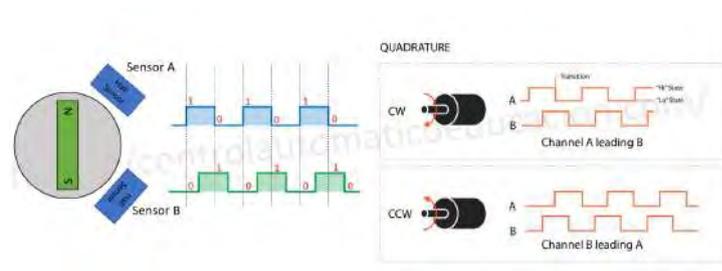


Figura 4.5: Funcionamiento del Encoder
Fuente: Castaño (2021)

4.1.4. Análisis electrónico del sistema de intercambio de energía

Los conmutadores e interruptores son dispositivos que permiten modificar el sentido de la corriente eléctrica; existen muchas variaciones de estos componentes, desde dispositivos implementados en la industria de producción hasta en las casas de las personas; sin embargo, para el presente proyecto cuya característica de dimensión es uno de los factores importantes, así como ser controlado mediante un microcontrolador; por ello se recomienda un módulo relé estándar como se muestra en la figura 4.6.



Figura 4.6: Módulo Relé
Fuente: Naylamp Mechatronics – Perú (2021)

4.2. Diseño Mecánico

El sistema de intercambio de luces desarrolla un mecanismo de transmisión de movimiento rotatorio generado por un actuador y transmitido hacia un eje; finalmente este movimiento se transmite hacia el sistema de intercambio.

4.2.1. Análisis de mecanismos para transmisión de movimiento

Los mecanismos son elementos que tienen la capacidad de transmitir y transformar la fuerza o movimiento generado por un elemento motriz o motor, hacia un elemento conducido. Uno de los tipos de movimientos que realiza un mecanismo es el de transmisión circular; este tipo de transmisión es usada para comunicar dos ejes, modificando la fuerza o velocidad aplicada. Los tipos de transmisión circular se puede clasificar en tres grupos, los cuales son mediante engranajes, cadenas o fajas. Una de las exigencias importante del diseño, son la dimensión total del semáforo y la eficiencia de trabajo; por ello, en la tabla 4.4 se describen las características de los elementos de transmisión, mencionados anteriormente, teniendo como referencia la implementación de un semáforo. Finalmente, el uso de un engranaje permite un diseño compacto, buena eficiencia y resistencia mecánica.

Para diseñar un engranaje se utiliza el software Inventor para el tipo de configuración corona y tornillo sin fin, donde se muestra las dimensiones geométricas, ver figura 4.7, y la relación de velocidades, ver figura 4.8 a la cual puede funcionar el diseño a implementar. En la simulación mostrada en la figura 4.8 se utiliza un valor de entrada de 200 rpm, dando como resultado 16,67 rpm a la salida de la corona. La ecuación 4.1 muestra la relación entre un rpm y un grado sexagesimal. Por lo cual, a la salida de la corona se tiene 100,02 grados por segundo máximo, valor aceptable para un sistema con dimensiones pequeñas y que estará optimizado por medio del control aplicado al motor. Además, los mecanismos como los engranajes precisan de un medio para transmitir el movimiento; por ello, es requerido el diseño de chavetas, el Anexo E muestra la norma DIN 6885 especificando las medidas estándares para su diseño. Finalmente, todo mecanismo requiere de un elemento rotatorio que le permita girar y reducir la fricción, para el proyecto se recomienda rodamientos SKF como se muestra en Anexo E.

$$1[rpm] = 6[grad/s] \quad (4.1)$$

Tabla 4.4: Comparación entre elementos de transmisión

Descripción	ENGRANAJE	CADENA	FAJA PLANA	FAJA TRAP
Principio físico	Contacto e interacción por forma			Fricción
Eficiencia	98 %	97 %	96 %	94 %
Dimensiones	$D \leq 3cm$	$D \leq 5cm$	$D \leq 8cm$	
Resistencia en sobrecargas	80 %	60 %	40 %	
Requerimiento de lubricación	si	si	no	
Periodos de mantenimiento	1 a 3	3 a 4	6 a 8	
Ángulo de relación	0°, 90°, 180° y 360°	0 y 180°	0, 90° y 180°	

Fuente: Elaboración Propia

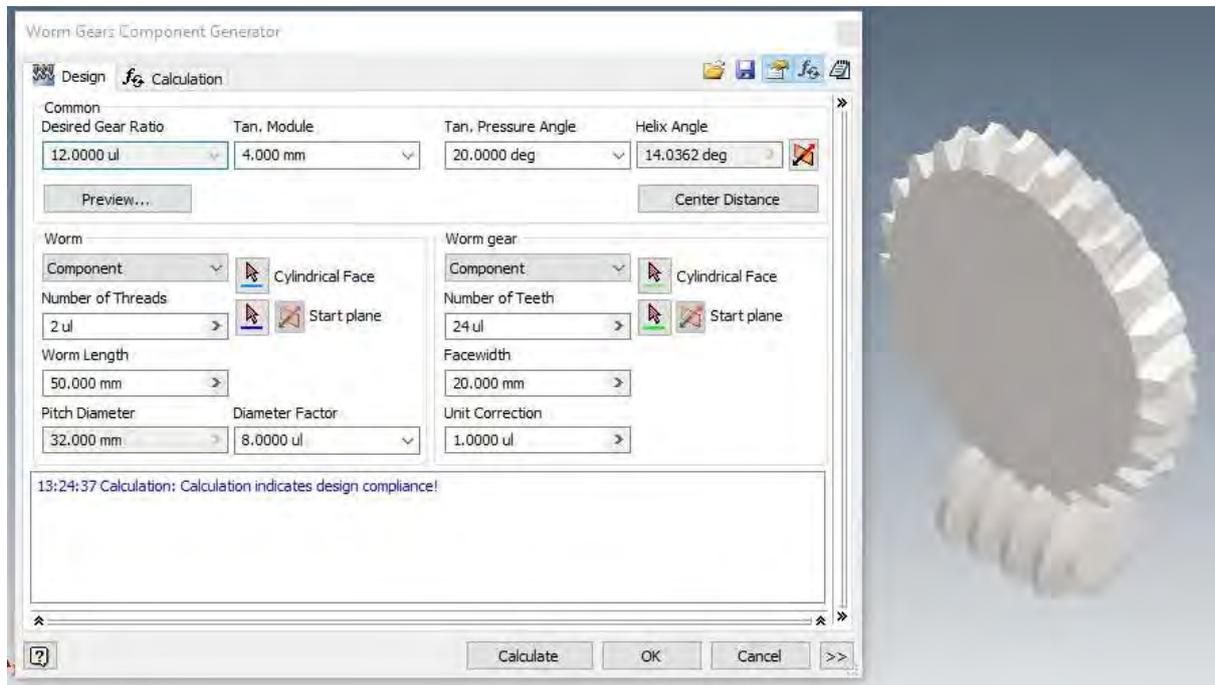


Figura 4.7: Diseño de corona y tornillo sin fin : Dimensiones

Fuente: Mecanismos de transmisión (2021)

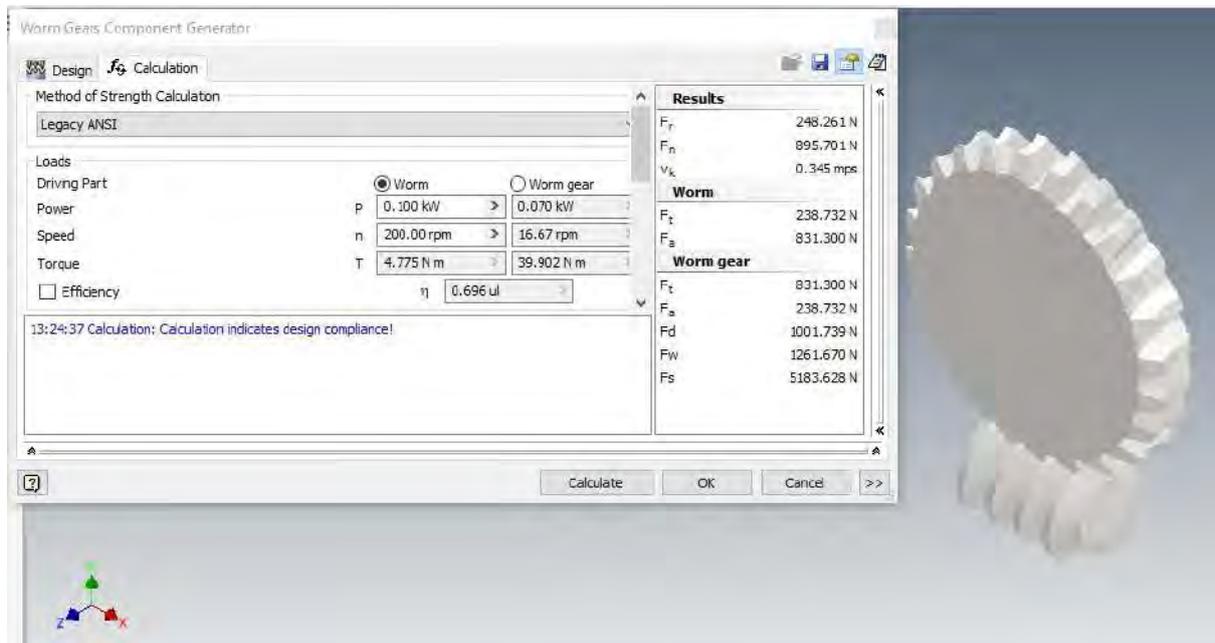


Figura 4.8: Diseño de corona y tornillo sin fin : Relación de velocidades
Fuente: Elaboración Propia

4.3. Diseño de hardware y control

En el siguiente bloque se desarrolla, la estructura de conexión de los diferentes agentes que permiten la interconectividad, así como el procesamiento de información y la creación de reglas (programación); para lograr un sistema de control óptimo y efectivo como se muestra en la figura 4.9.

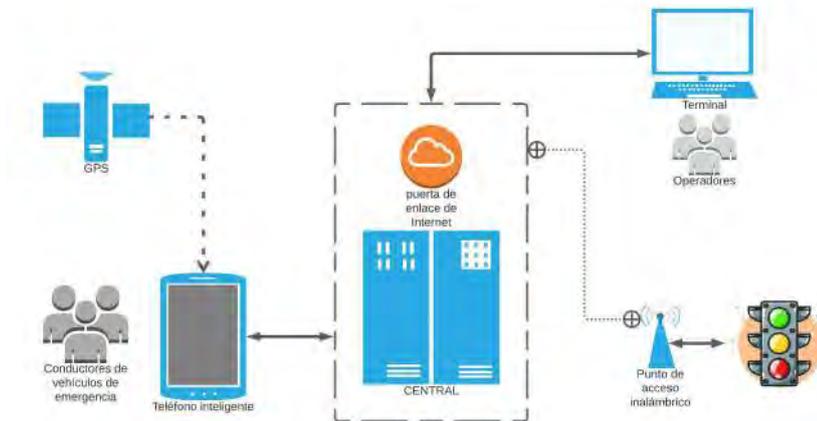


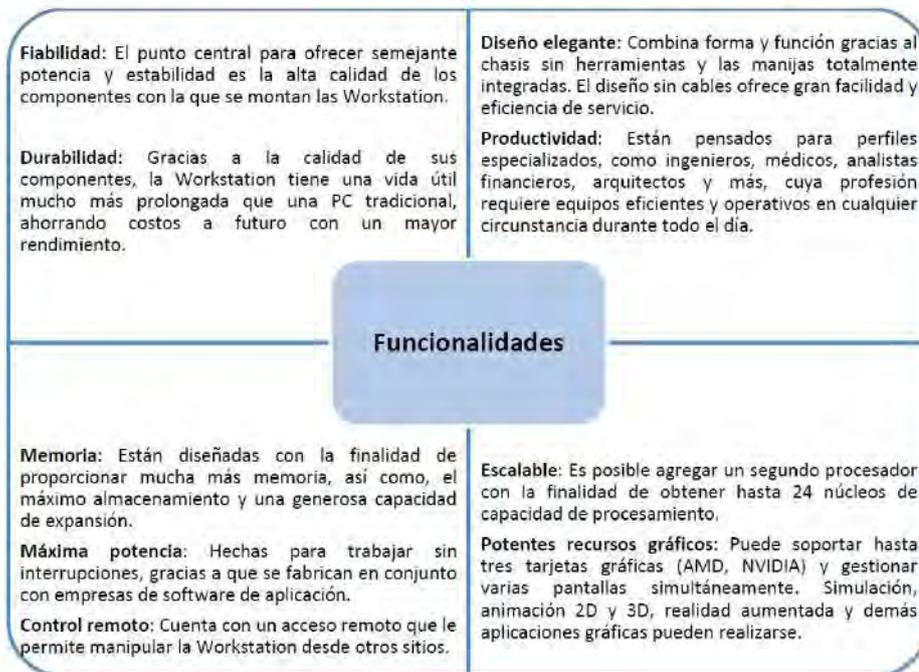
Figura 4.9: Elementos complementarios
 Fuente: Elaboración propia

4.3.1. Sistema de procesamiento general de información

Las magnitudes del proyecto abarcan el uso de múltiples dispositivos móviles o terminales, así como una gran cantidad de semáforos; además, todos estos componentes, en su mayoría, podrían estar conectados en simultaneo a la misma central. Por ello, se precisa un central de procesamiento de información con la capacidad de lograr la gran demanda de envío, procesamiento y recepción de datos, estas ventajas las presentan las Workstation. La distribuidora de tecnología de información y comunicaciones Sample HubSpot User (2019) describe las ventajas de estos sistemas frente a otros medios con el mismo propósito; ver figura 4.10.



a) Características



b) Funcionalidades

Figura 4.10: Características y funcionalidades de una Workstation
Fuente: Sample HubSpot User (2019)

4.3.2. Análisis de componentes de control y comunicación de señales.

El controlador implementado, debe presentar las características mínimas de poder trabajar con varios periféricos, conectarse a otros módulos y procesar información de manera eficiente. Dentro de la gama de microprocesadores que existen en el mercado están los Nvidia Jeston, Raspberry Pi y los Arduinos; además, como se muestra en la figura 4.11, la capacidad de realizar trabajos complejos, así como el costo varía de manera descendente hacia los Arduinos; no obstante, una opción viable es la implementación mediante un Arduino Mega, principalmente por su gran cantidad de pines (39 pines analógicos, 16 pines analógicos y 15 salidas pwm); sin embargo, su bajo nivel de procesamiento, así como la memoria (RAM) puede generar complicaciones al trabajar con varios periféricos en simultáneo. Por otro lado, los Nvidia Jeston presentan características muy altas (incluyendo el precio) y que pueden ser aplicadas para proyectos de índole más avanzada. Por ello, se opta por la implementación de un controlador intermedio como el Raspberry⁵; ya que, presenta una tendencia mucho más a un Nvidia Jeston que a un Arduino en cuanto a su eficiencia de trabajo.

Finalmente, el componente que garantiza la efectividad del proyecto, en cuanto a los semáforos (recepción de señales de manera rápida) es el receptor de señales inalámbrico. Las tecnologías de comunicación aplicadas con estos fines han ido variando con el paso de los años, desde los GSM hasta las más actuales como las redes 5G; sin embargo, es necesario precisar las diferentes ventajas de cada tecnología aplicable al proyecto. En la tabla 4.5 se muestra un resumen de las diferentes opciones a elegir; sin embargo, para asegurar las características mencionadas en el diseño conceptual, se debería aplicar una tecnología de 3.5G como requerimiento mínimo.

⁵Se debe incluir un adaptador 5V para poder energizarlo, así como una entrada tipo tomacorriente.

Tabla 4.5: Tecnologías de telecomunicación

Tecnología	Resumen	Característica
GPRS	Servicio general de paquetes de radio	Servicio de comunicación inalámbrico basado en paquetes. Tecnología 2G – velocidad de descarga 114Kbps
EDGE	Denomina red 2.5G	Son tecnologías 2.5G, pero EDGE es significativamente más rápido. Tecnología 2.5G – velocidad de descarga 384Kbps.
3G	La introducción de videollamadas y la transmisión continua de video	Tecnología 3G – velocidad de descarga 3.1Mbps.
HSDPA	Acceso a paquetes de enlace descendente de alta velocidad, denomina red 3.5G	Se basa en una mejora de 3.5G. Por lo tanto, tiene una velocidad más rápida. Tecnología 3.5G – velocidad de descarga 14Mbps.
HSPA+	Acceso a paquetes de alta velocidad evolucionado	Es una tecnología 4G de alta velocidad. Tecnología 4G – velocidad de descarga 168Mbps
4G LTE	LTE es un estándar de comunicación 4G	Tecnología 4G – velocidad de descarga 299,6Mbps

Fuente: Koralege (2016)

	TX2	Nano	RP4	RP 3B+	RP 3A+	A. Uno	A. Mega
Ease of use	Disk, New	Power, New	Installation	Installation	Installation	Intuitive	Intuitive
Functionality	Ubuntu	Ubuntu	Raspian	Raspian	Raspian	.ino	.ino
Cost	\$400	\$99	\$35-55	\$35	\$25	\$18	\$14
RAM	8 GB	4 GB	1-4 GB	1 GB	0.5 GB	32 KB	256 KB
CPU	2GHz	1.43GHz	1.5 GHz	1.4 GHz 4-core	1.4 GHz 4-core	16 MHz	16 MHz
GPU	1.3GHz	921MHz	None	None	None	None	None
Wi-fi	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	With Shield	With Shield
Disk Space	32Gb	MicroSD	MicroSD	MicroSD	MicroSD	None	None

Figura 4.11: Tabla comparativa entre Nvidia Jeston, Raspberry y Arduino

Fuente: LinkedIn (2019)

4.3.3. Lenguajes de programación

En los capítulos anteriores se desarrollaron los diferentes entornos a implementar para cada usuario, dispositivo o necesidad a utilizar. Sin embargo, al tener diferentes sistemas operativos, es necesario establecer parámetros básicos que puedan solucionar

las necesidades y estar interconectados. En la tabla 4.6 se muestra la comparación de los diferentes tipos de lenguajes de programación, mayormente utilizados; finalmente, en la tabla 4.7 se muestra el resumen de la elección de los lenguajes a utilizar⁶.

Tabla 4.6: Matriz de características de diferentes lenguajes de programación para la implementación del software y aplicativo móvil

	C	C++	Java	Python	C#
Leer señales digitales	X	X	X	X	
Enviar señales digitales	X	X	X	X	
Procesar datos estructurados		X	X	X	X
Consultar Base de Datos		X	X	X	X
Escribir en Base de Datos			X	X	X

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.7: Resumen de elección de lenguajes de programación

Sistema Operativo	Imagen	Función
PYTHON		Lenguaje de Programa central para sistemas operativos Windows (Workstation o terminales) y microordenadores.
JAVA(Kotlin)		Lenguaje de programas del tipo dispositivos móviles

Fuente: Elaboración Propia

4.4. Diseño del software

4.4.1. Base de datos y servidor en tiempo real

Utilizando el software de libre uso como Heidi SQL, se puede implementar las tablas de datos en un servidor local dentro de una computadora para almacenar la información del personal, ver figura 4.12; Además, con el uso de la plataforma de desarrollo Firebase

⁶Kotlin es un tipo de lenguaje de programación similar al JAVA; sin embargo, este es de uso exclusivo e implementador por los sistemas de Android para desarrollar sus aplicaciones; además, sus características lo hacen fácil de manejar frente a la programación en JAVA.

4.4.2. Interfaz de usuario para el operario de emergencias

Los operarios de emergencias necesitan ubicar de manera rápida la zona exacta o aproximada de una emergencia; por ello, como se muestra en la figura 4.14 un diseño en Python, puede generar las ventanas de manera intuitiva y fácil de operar; para agilizar el envío de datos a los conductores de vehículos.

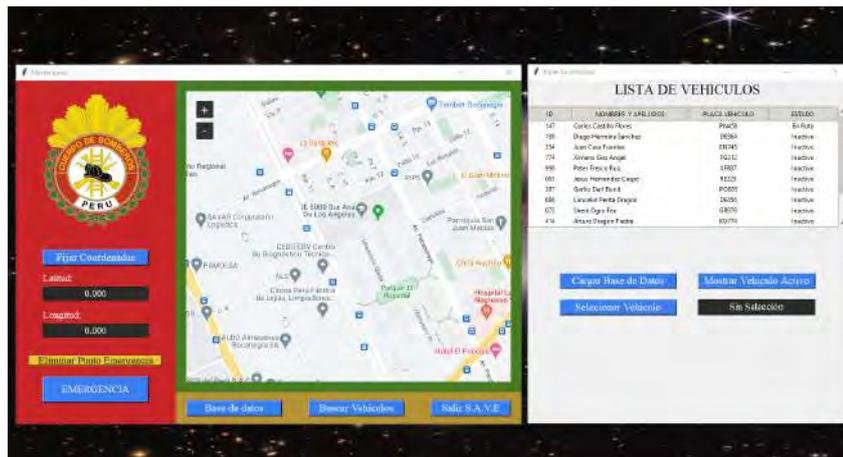


Figura 4.14: Interfaz de operarios de emergencias
Fuente: Elaboración propia

4.4.3. Implementación de la RNA

Como se desarrolló en el estado del arte, antes de realizar un entrenamiento por redes neuronales es requerido validar los datos; por ello, para una población de 500 datos y mediante el método de Train Test Split, se dividió los datos en dos grupos en 80% para entrenamiento y 20% restante, para evaluaciones.

Posteriormente, implementar una primera red neuronal con una capa de entrada, dos capas intermedias y una capa de salida como se muestra en la figura 4.15. Valores iniciales para obtener un patrón de comportamiento de la RNA y evaluar el costo computacional generado para obtener los resultados del control de ruta y semáforos.

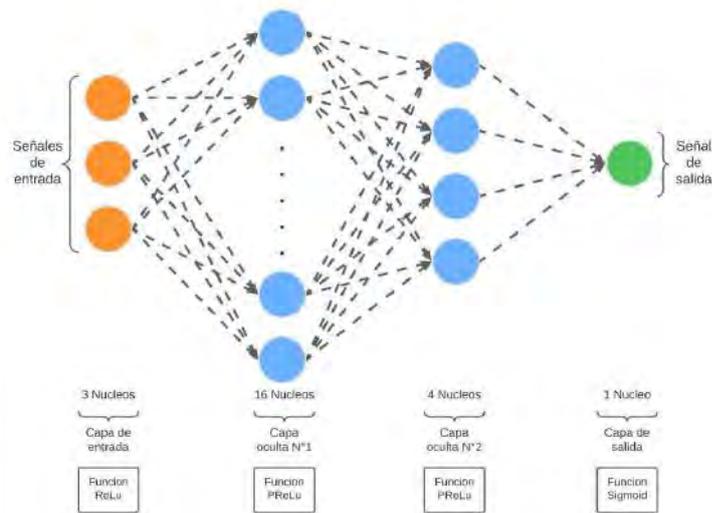


Figura 4.15: Esquema de la Red Neuronal aplicada para cada método
Fuente: Elaboración Propia

4.4.4. **Aplicativo movil para conductores de vehículos de emergencias**

Los conductores necesitan sistemas que agilicen sus trabajos; por ello, la ventana principal del aplicativo móvil solo deberá realizar la función de ingreso mediante un botón (ingresar el ID), ver figura 4.16.



Figura 4.16: Pantalla principal - aplicativo móvil
Fuente: Elaboración propia

4.5. Componentes complementarios

Las secciones anteriores desarrollaron los puntos importantes para lograr el diseño completo del sistema (funcionalidad); sin embargo, es necesario desarrollar puntos complementarios que permitan la integración final del proyecto.

4.5.1. Diseño de carcasa y superficies externas

La parte complementaria contempla la creación del nuevo semáforo donde se pueda incluir los componentes correspondientes; así como los componentes internos que ayu-

dan a lograr la funcionalidad ilustrados en la figura 4.17. En el Anexo M, se muestra la lista de planos diseñados para el proyecto.

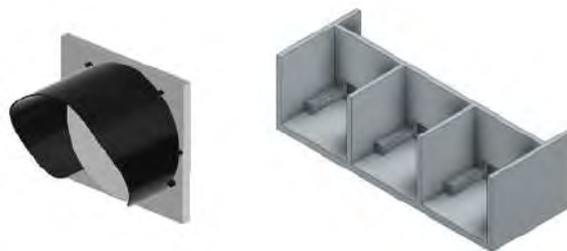


Figura 4.17: Tapas frontales con visores y estructura del semáforo
Fuente: Elaboración propia

4.5.2. Diseño de máscaras de intercambio de colores

Este mecanismo está unido al sistema mecánico, permitiendo cambiar el color de luz emitida, como se muestra en la figura 4.18, este sistema contiene los soportes donde se colocan las láminas (verde, amarillo, rojo). Este sistema está descrito en el plano PL-SS-ME-02, ver Anexo M. Además, también, está el componente de soporte de luces, ver plano PL-SS-BL-07 en la sección Anexos, componente que está recubierto internamente con una superficie plástica reflectante, para aumentar el nivel de intensidad luminosa, ver imagen.

También, el medio de transmisión de giro entre los engranajes y la máscara, se da por un eje. Su diseño está descrito en el plano PL-SS-ME-03, ver Anexo M, donde se muestra la dimensión y su geometría para su diseño. Debido a su funcionalidad, las fuerzas que están siendo sometidas son bajas (peso ligero), esto permite que se pueda implementar de diferentes materiales, en la tabla 4.8, se muestran los materiales con el cual se puede implementar; sin embargo, por las condiciones climáticas a las cuales está sometido el acero es la opción óptima, dentro de las categorías de los aceros existentes, está el AISI 1018, utilizando principalmente para la elaboración de piezas pequeñas

Tabla 4.8: Propiedades del acero y aluminio

Acero	Aluminio
Material duro	Material ligero
Duradero	Duradero
Flexible	Maleable
Resistente ante impactos	Ligero
Resistente a la corrosión - alta	Resistente a la corrosión - media

Fuente: Elaboración Propia

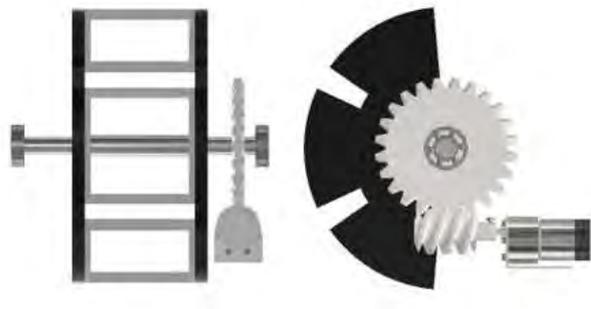


Figura 4.18: Sistema de giro de pantalla de luces

Fuente: Elaboración propia

4.5.3. Selección de componentes complementarios

En este párrafo se selecciona las tecnologías restantes en base a selección de componentes anteriormente detallado en el capítulo IV.

- a)* **Driver motor:** Para la elección del driver se tiene en consideración el tipo de controlador elegido (Raspberry), así como la energía de alimentación 12VDC. En la tabla 4.9, podemos ver diferentes tipos de drivers para un motor DC, así como sus características. Para el proyecto, las dos primeras opciones son adecuados debido a poseen conexiones para un encoder. Por ello se eligió el DC MOTOR DRIVER HAT (Item 2) por tener particularidades más comerciales.

Tabla 4.9: Drivers para motores DC

Item	Etiqueta	Características
1	DC STEP MTR HAT FOR RASPBERRY PI	Voltaje 5 a 12 V Integrado TB6612 Max corriente 3A Max 2 controles Adaptable a Raspberry con encoder
2	DC MOTOR DRIVER HAT	Voltaje 7 a 12 V Integrado TB6612FNG Máxima corriente 2A Max 2 controles Adaptable a Raspberry con encoder
3	DRIVER L298N	Voltaje mínimo 12V Integrado LM7805 Max corriente 2A Max 2 controles

Fuente: Elaboración Propia

- b) **Shield o extensiones para aumentar la capacidad de conexión:** Los controladores, en general contiene un número limitado de conexiones por ello; al tener un numero considero de periféricos a conectar esto requiere aumentar algunos puertos como I2C, PWM, Tx y Rx, entre otros. Para el proyecto se seleccionó la I2C Shield for Raspberry, por se mas compacto y no ser invasivo como se muestra en la tabla 4.10.

Tabla 4.10: Shields para Raspberry

Item	Etiqueta	Características
1	MotorHat	MotorHat tiene un puente para seleccionar la dirección I2C y es apilable. Esto le permite conducir hasta 32 escudos (es decir, 64 motores paso a paso o 128 motores de CC) con una sola placa. Robusto y grande.
2	I2C Shield for Raspberry	Puerto I2C orientado hacia adentro de bajo perfil Conector de paso de 40 pines No interfiere con el conector de pantalla (no invasivo) Pequeño y ligero.

Fuente: Elaboración Propia

- c) **Tarjeta de transmisión y recepción de datos:** Anteriormente se detalló la importancia de lograr una comunicación efectiva; por ello, en la tabla 4.11 se muestra las opciones a implementar. Para el proyecto se implementó el item 1; por tener un valor promedio menor al item 3.

Tabla 4.11: Módulos de transmisión de datos para Raspberry

Item	Etiqueta	Características
1	SIM7600E-H4G HAT	Conectividad Raspberry Pi, compatible con Raspberry Pi Zero/Zero W/Zero WH/2B/3B/3B Velocidad de transmisión: 300bps ~ 4Mbps (predeterminado: 115 200 bps) Generación 2G 2.5G 3G 4G
2	SIM900A SIM900 MINI V4.0	Latencia de 10MA de baja potencia teléfono móvil 3, tarjeta 4G El circuito de la tarjeta SIM para aumentar el chip ESD SMF05C
3	Modulo HAT LTE Cat-4 4G / 3G / 2G para-Raspberry Pi	Integra el módulo 4G de banda global SIM7600G-H, compatible con la red 2G / 3G / 4G con soporte global Conector HUB USB para otras placas de PC o Raspberry Pi, que proporciona expansión USB y acceso a la red 4G Sistemas de satélite: GPS / Beidou / GLONASS

Fuente: Elaboración Propia

4.5.4. Diagrama de bloques electrónico

En el siguiente diagrama se muestra la interacción de los componentes electrónicos del semáforo.

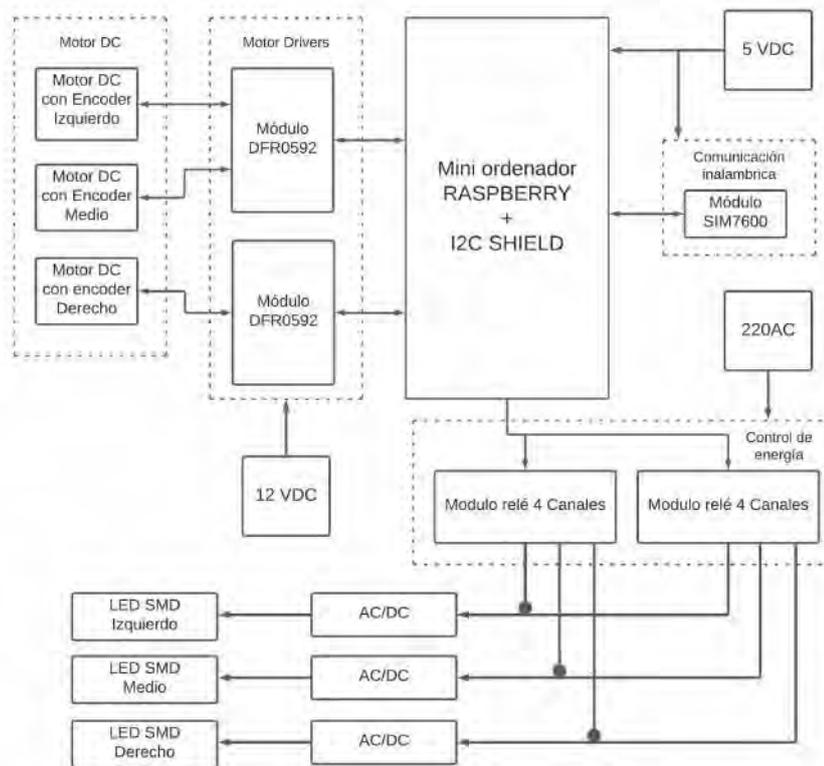


Figura 4.19: Diagrama de bloques electrónico de la solución óptima
Fuente: Elaboración propia

4.5.5. Diseño final de los semáforos

En el siguiente párrafo se muestra los diseños finales de proyecto a implementar, en la figura 4.20 y 4.21 ilustran el semáforo de manera externa y sus componentes principales que lo forman, ver tabla 4.12, uno de estos componentes es la caja de luces, en las figuras 4.22 y 4.23 se ilustra la configuración interna de cada caja, cuyos componentes son descritos en la tabla 4.13.

Tabla 4.12: Tabla de elementos - semáforo

Item	Descripción	Cantidad
1	Carcaza inferior e interior	1
2	Carcaza superior	1
3	Soportes/fijador de cajas de luces	3
4	Cajas de luces	3
5	Visor frontal	3
6	Tapa frontal izquierda	1
7	Tapa frontal central	1
8	Tapa frontal derecha	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.13: Tabla de elementos - Caja de luces

Item	Descripción	Cantidad
1	Carcaza de caja de luces	1
2	Mecanismo activación de luces	1
3	Soportes laterales de giro	2
4	Fijador de láminas de colores	3
5	Soporte de luces led	1
6	Lamina de colores	3
7	Led SMD	2
8	Eje de transmisión de giro	1
9	Engranaje o Corona	1
10	Tornillo sin fin	1
11	Barras de fijación para soporte de luces	4
12	Estabilizador de movimiento	1
13	Motor generador de movimiento	1
14	Soporte y fijador de motor	1

Fuente: Elaboración Propia

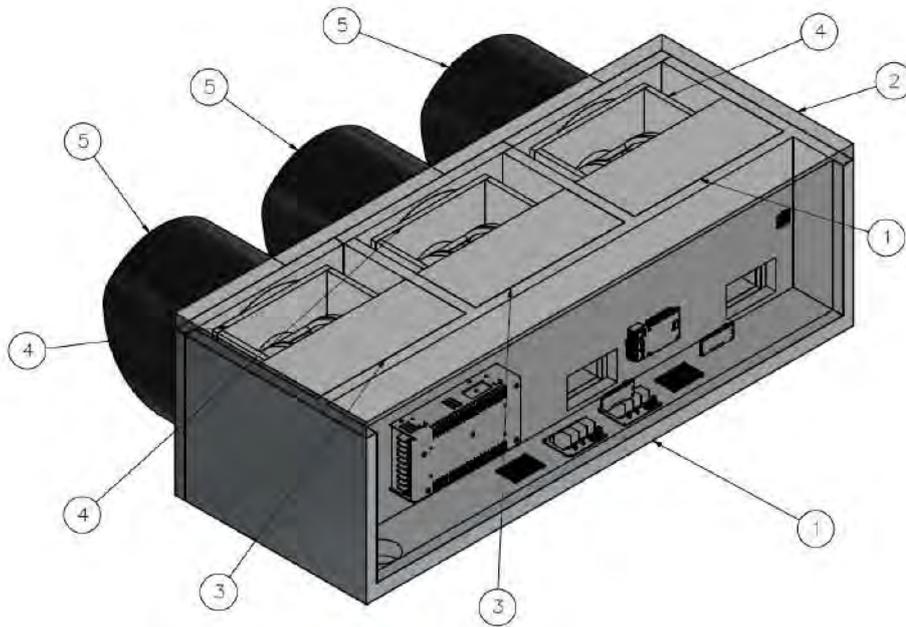


Figura 4.20: Presentación final semáforo - vista 1
 Fuente: Elaboración propia

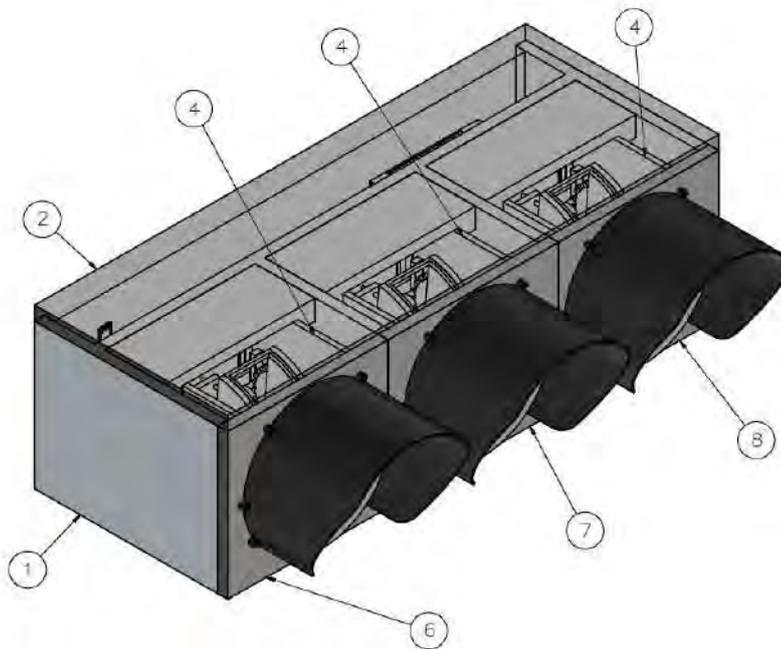


Figura 4.21: Presentación final semáforo - vista 2
 Fuente: Elaboración propia

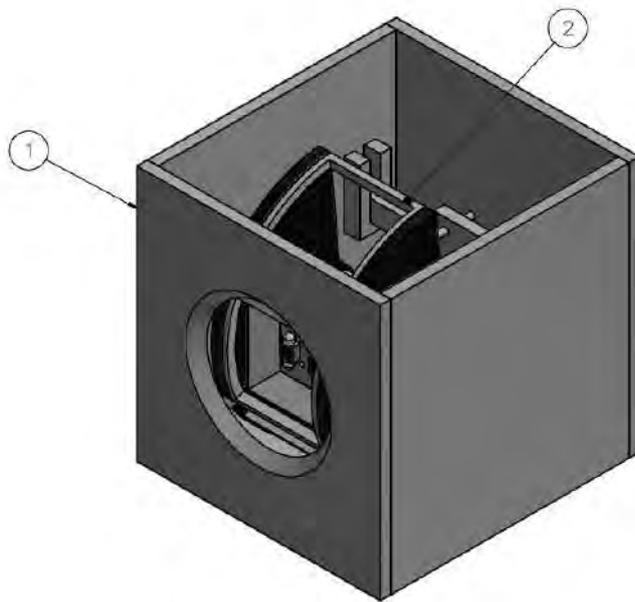


Figura 4.22: Presentación final caja de luces - vista 1
 Fuente: Elaboración propia

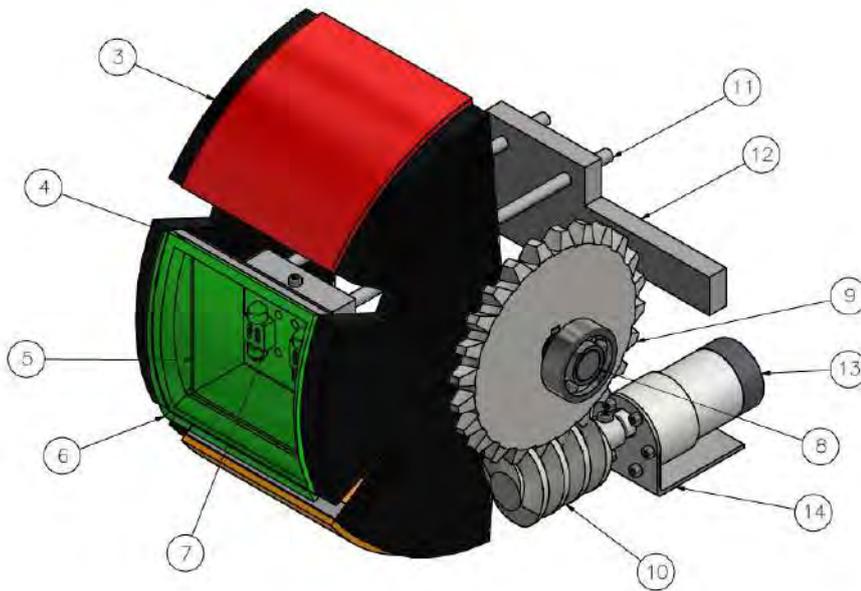


Figura 4.23: Presentación final caja de luces - vista 2
 Fuente: Elaboración propia

4.5.6. Costos

En el Anexo J, se muestra el cálculo del costo⁷ final del proyecto siguiendo la estructura del diseño de ingeniería y teniendo en cuenta los precios aproximados; cuyo valor están en función de catálogos, páginas de componentes (digikey.com, HIFI, entre otros), empresas y tiendas, a los cuales se realizó la consulta (virtual o presencial). Además, este valor está calculado para la elaboración de un solo componente de señalización (semáforo), por lo cual el valor real del proyecto dependerá de la magnitud (escalabilidad) que se desea aplicar.

Para el cálculo del costo de la implementación del software⁸, ver Anexo J, se tiene en cuenta los siguientes parámetros:

- Costo de una Workstation de alta capacidad de procesamiento de información.
- Manipulación de 500 semáforos y 100 vehículos.
- Diseño de interfases, aplicación y código que requiere el proyecto.
- Diseño de la lógica de funcionamiento (autónomo).
- Mantenimiento al sistema

Finalmente, se resumen los costos⁹ en la tabla 4.14, donde se ponen los valores por separado de la implementación total del proyecto, que puede ser comparado con el costo de la implementación de otro sistema similar. En el 2020 se planteó la licitación del proyecto para el control inteligente de tráfico Protránsito (BNamericas, 2020), esta iniciativa busca la implementación de 291 intersecciones y conectarlas a la actual red del Centro de Control y Gestión de Tráfico que cuenta con 704 intersecciones. La licitación presentó un contrato valorado en 42,6 millones de soles para su integración total.

⁷Tipo de cambio según SUNAT de 3.839 - septiembre 22 del 2023

⁸Gasto único para todo el proyecto

⁹El valor final de la implementación representa el valor máximo que se puede costar un semáforo, sin embargo, puede reducirse en un 50%, si se emplean medios alternos para conseguir los componentes como la compra por mayor o emplear empresas que tenga precios variables según compradores (Amazon.com)

Teniendo en cuenta el costo de un solo semáforo con la implementación total del software, ver tabla 4.14 y simulando las condiciones iniciales de la licitación antes mencionada y suponiendo que cada esquina debe tener al menos 10 semáforos, un total de 291 intersecciones, adicionar el costo de implementar 5 estaciones de trabajo (workstations) y la implementación del software, genera un valor final de 8 millones de soles. Si adicionamos los gastos administrativos, procesos y mano de obra valorizados en 9 millones de soles, el proyecto final desarrollado en la presente investigación tiene un valor de 17 millones de soles como se muestra en la tabla 4.15.

Tabla 4.14: Tabla de costos Totales

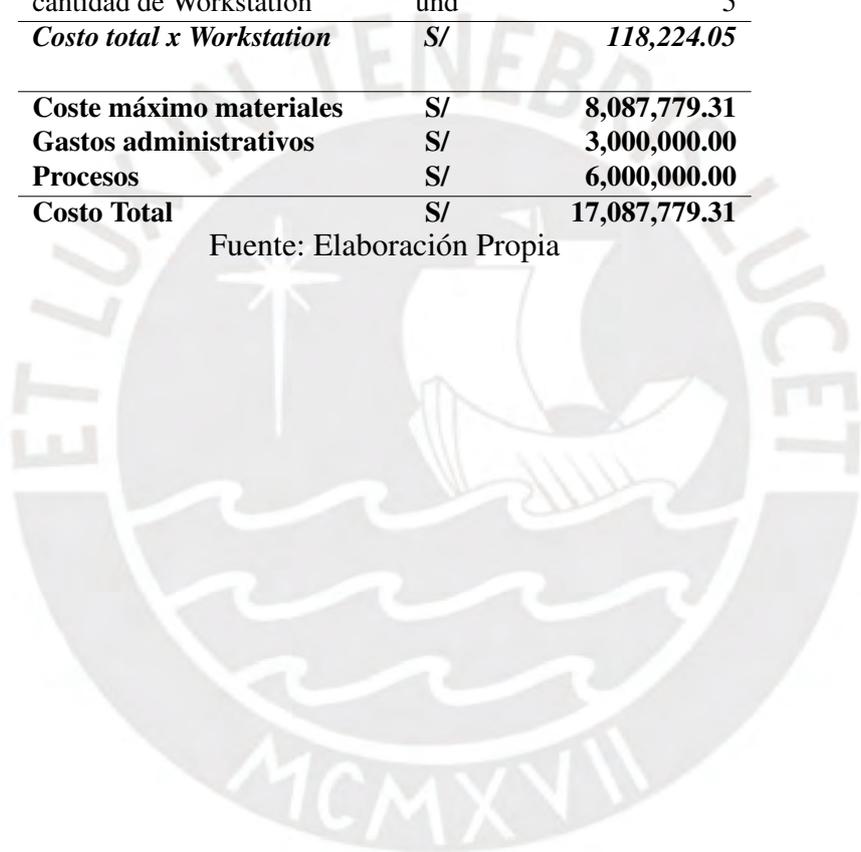
Item	Sub Módulo / Etiquetas	Sub Total	Total
	<u>Implementación de un semáforo</u>		
1	Implementación Electrónica	S/ 1,524.72	
	Implementación Mecánica	S/ 1,030.00	
	Gastos Extras	S/ 180.00	S/ 2,734.72
2	<u>Implementación del software</u>	S/ 11,517.00	S/ 11,517.00
3	<u>Workstation (Anexo G)</u>	\$6,159.00	S/ 23,644.81
	<u>Monto Total</u>		<u>S/ 37,896.12</u>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.15: Tabla del costo total para la implementación del sistema

Items	Unidades	costos/cantidades
Costo por semáforo	S/	2,734.72
Semáforos por cruce	und	10
Costo total x cruce	S/	27,347.21
Nuevas Intersecciones	und	291
<i>Costo total x semáforos</i>	<i>S/</i>	<i>7,958,038.26</i>
<i>Implementación software</i>	<i>S/</i>	<i>11,517.00</i>
Workstation	S/	23,644.81
cantidad de Workstation	und	5
<i>Costo total x Workstation</i>	<i>S/</i>	<i>118,224.05</i>
Coste máximo materiales	S/	8,087,779.31
Gastos administrativos	S/	3,000,000.00
Procesos	S/	6,000,000.00
Costo Total	S/	17,087,779.31

Fuente: Elaboración Propia



Capítulo V

Resultados

El presente capítulo presenta los datos obtenidos de realizar una simulación parcial del proyecto. Entre los puntos simulados se tienen los siguientes:

- Desarrollar el aplicativo móvil, para que los conductores puedan acceder las emergencias y obtener las rutas ideales.
- Implementar una maqueta que represente los semáforos y como estos cambian su comportamiento según las situaciones.
- Ejecutar la interconexión de los sistemas de los sistemas independientes, para simular la toma de decisiones de los sistemas autónomos.

5.1. Efectividad de la RNA implementada

En la figura 5.1 se muestra la configuración final aplicada a los métodos de semáforo y ruta; para ello, se realizó 50 interacciones o entrenamientos. Ambos sistemas presentaron una precisión de mejora superior a 90% y un error por debajo del 10%.

Finalmente, se optimizó el sistema implementado; para ello, se realizó diferentes configuraciones a la cantidad de capas ocultas como se muestra en la tabla 5.1. Teniendo en cuenta que se simuló los resultados con solo tres variables de entrada y una de salida, se puede optar por un sistema de una sola capa interna, pero de cuatro nodos, para mejorar el rendimiento (menor capas, menor consumo de recursos o costo de procesamiento).

Tabla 5.1: Tabla de optimización de la RNA

Configuraciones			Exactitud	Valor de Exactitud Máxima
# de capas ocultas	# de Nodos por capas			
1	1		0.9599999785423270	0.9700000286102290
	2		0.9599999785423270	
	3		0.9649999737739560	
	4		0.9700000286102290	
2	1	1	0.9599999785423270	0.9700000286102290
	2	1	0.9649999737739560	
	3	1	0.9700000286102290	
	4	1	0.9700000286102290	
3	1	1	1	0.9700000286102290
	2	1	1	
	3	2	1	
	4	2	1	

Fuente: Elaboración Propia

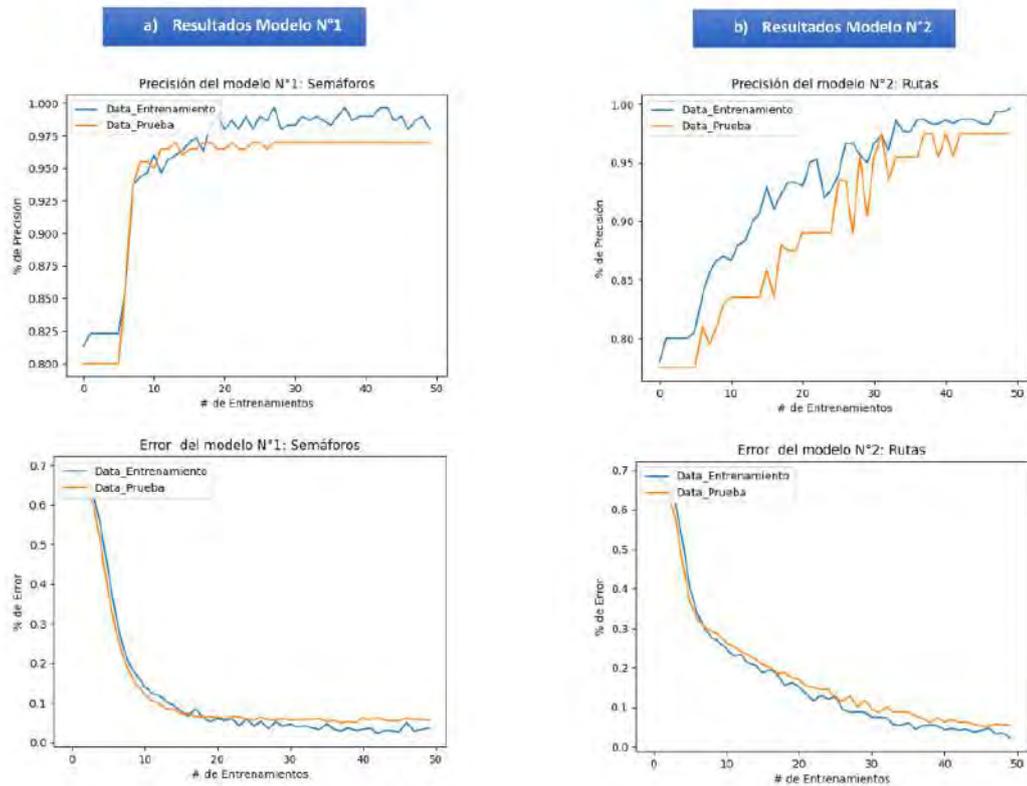


Figura 5.1: Resultados porcentuales de precisión y error - redes neuronales aplicadas

Fuente: Elaboración Propia

5.2. Funcionamiento de semáforos

Para mostrar el funcionamiento de los nuevos semáforos, se representa una intersección de avenidas como se muestra en la figura 5.2 y en el Anexos L. Los semáforos actuales y los nuevos semáforos a implementar, presentan funcionamiento igual cuando el contexto de funcionamiento es de control de tráfico vehicular; sin embargo, los nuevos semáforos presentan nuevas características, ver Anexo K, cuando se detecta un vehículo en ruta de emergencia ver figura 5.3. Los nuevos semáforos tienen las siguientes características:

- La detención de vehículos está determinada por los activar todos los focos en rojo (detección total) que, a diferencia de un estado normal, representa que el semáforo está en modo de emergencia.
- De la misma manera, para agilizar el avance de vehículos e informar que en la misma vía se encuentra un vehículo de emergencia, el semáforo cambiará todos los colores a verde.
- El modo de precaución (ámbar) en un modo de emergencia no existe; sin embargo, existe otro modo de avance (verde) para los vehículos. Cuando el color ámbar se fija en la mitad de semáforo, los vehículos deberán restringir su avance con giro, siempre que la vía lo permita, para evitar la acumulación de vehículos en medio del cruce, ver Anexo L.

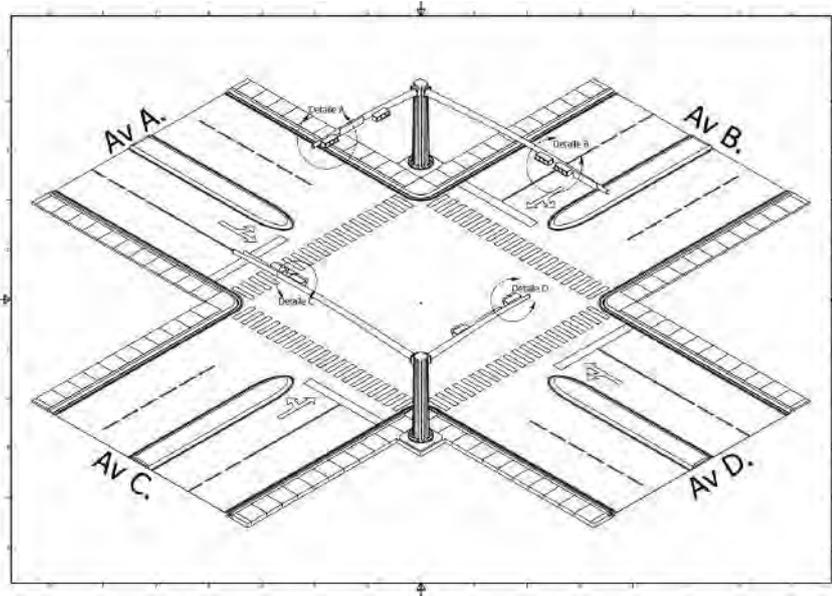


Figura 5.2: Cruce de avenidas - Vista isométrica
 Fuente: Elaboración Propia

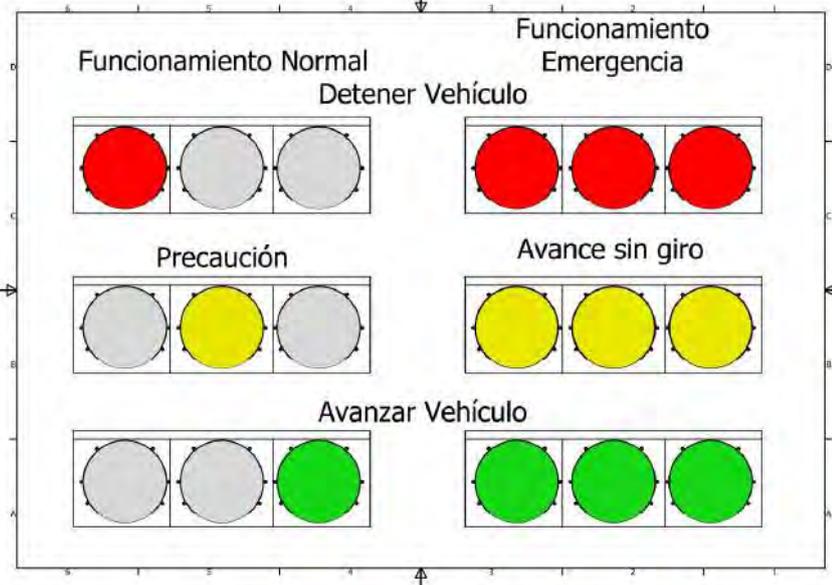


Figura 5.3: Funcionamiento de semáforos
 Fuente: Elaboración Propia

5.3. Control de señales (semáforos) mientras se recorre una ruta de emergencia

El sistema asemeja su funcionamiento al servicio de rutas como WAZE o GOOGLE MAPS, ver figuras 5.4 y 5.5, indicado el cambio de semáforos de manera autónoma y acortando el tiempo de viaje.

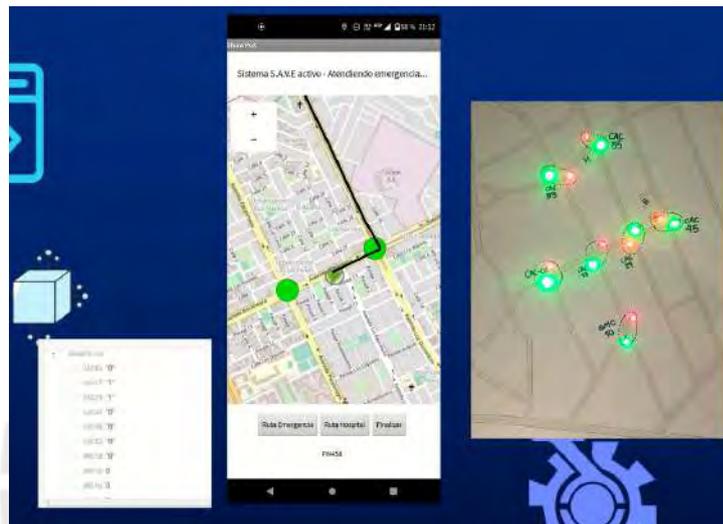


Figura 5.4: Simulación de rutas y activación del sistema - parte 1
Fuente: Elaboración propia

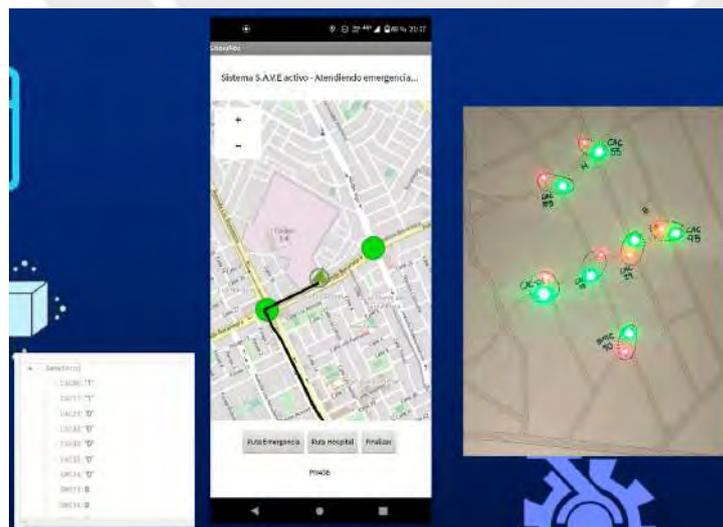


Figura 5.5: Simulación de rutas y activación del sistema - parte 2
Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

- La presente investigación evidencia las limitaciones de los sistemas de gestión vehicular en nuestro país cuando se requiere reducir los tiempos de atención ante una emergencia; ya que, la gran mayoría de semáforos están destinados a realizar su labor sin tener en cuenta estas circunstancias que requieren soluciones adicionales.
- El proceso realizado plantea un diseño que permite estandarizar un sistema de tráfico variable; ya que, se centra en la modificación de los sistemas de luces (caja de semáforos) y no altera el control regular (caja de control). Esta flexibilidad de aplicación permite modificar solo los semáforos que son necesarios para activar el sistema de emergencia y reactivarlos a su funcionamiento normal predeterminado por sus variables originales (tiempo fijo, sensores, cámaras, entre otros), resultados obtenidos durante la simulación del proyecto.
- Se implementó las interfaces de los operarios de emergencias y los conductores de los vehículos; así como la creación de una lógica de control mediante redes neuronales con una precisión no menor al 90%, mostrando en la simulación que puede generar un control adicional en el sistema de control vehicular actual (semáforos) que generen soluciones alternas (rutas) a los vehículos en situaciones de emergencia.
- Finalmente, este nuevo modelo de control de gestión vehicular puede abaratar los costos de los sistemas actuales; además, que de implementar una nueva función además a las actividades normales de un semáforo.

RECOMENDACIONES

- Este nuevo sistema de gestión vehicular deberá estar acompañado de un cambio en el reglamento de transporte público y privado por parte del Ministerio de transporte y telecomunicaciones; ya que, es necesario que los conductores conozcan y se adapten a los cambios en las señales lumínicas de los nuevos semáforos.
- Los softwares desarrollados para dispositivos móviles requerirán características de hardware intermedias, con la finalidad de evitar problemas por bajo RAM, pocos núcleos, entre otros.
- El sistema de control central (Workstation) deberá ser capaz de controlar una gran cantidad de dispositivos (Aplicación móvil); además, de los semáforos implementadas, por ello, aumentar la capacidad del control central es una tarea que depende de la escalabilidad que se desea aplicar.
- Dependiendo de la zona a desarrollar (escalamiento), es requerido analizar el costo computacional de las RNA y el sistema de control central; con la finalidad de cubrir la demanda de transferencia y procesamiento de datos; para generar un resultado eficiente.

Bibliografía

- Alvaro, P., y Fuentes, M. (2005). *Funcionamiento y aplicaciones de tecnologías gps (sistema de posicionamiento global) y el proyecto galileo*. Descargado de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0058154.pdf>
- Amazon. (2021a). *Phinlion super brillante 500 lúmenes 3030 6-smd canbus*. Descargado de <https://n9.cl/7gslx>
- Amazon. (2021b). *Vicloon g4 led bombillas*. Descargado de <https://n9.cl/0ax7f>
- Andina. (2018). *Navidad: Bomberos invocan a conductores ceder el paso a vehículos de emergencia*. Descargado de <https://n9.cl/m713x>
- Art From Code. (2017). *Red neuronal en python con numpy*. Descargado de https://artfromcode.files.wordpress.com/2017/04/index_img_41.jpg
- Barriga, B. (2018). *Recomendación vdi 2221. métodos de diseño en ingeniería mecánica*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Bismarck. (2021). *Emergency vehicle preemption*. Descargado de <https://www.bismarcknd.gov/1801/Emergency-Vehicle-Preemption-Lights>
- BNamericas. (2020). Lima licitará contrato de control inteligente de tránsito. Descargado de <https://acortar.link/Vhrd65>
- Calvo, D. (2018). *Función de coste – redes neuronales*. Descargado de <https://acortar.link/mHr3UK>
- Calvo, J. (2022). *La importancia de las funciones de activación en una red neuronal*. Descargado de <https://shorturl.at/goK17>
- Castaño, S. (2021). *Emergency vehicle preemption*. Descargado de <https://www.bismarcknd.gov/1801/Emergency-Vehicle-Preemption-Lights>
- CGBVP. (2021). *Estadísticas de emergencia a nivel nacional del cgbvp*. Descargado de http://www.bomberosperu.gob.pe/portal/net_estadistica.aspx
- Chinchay, K., Franco, R., y Rosas, J. (2020). *Análisis de factores que influyen en la cobertura de atención prehospitalaria en lima metropolitana 2013 – 2019*. Descargado de <https://n9.cl/qatnp>

- Da Silva, D. (2021). *Navidad: Diferencia entre machine learning y deep learning + ejemplos*. Descargado de <https://www.zendesk.com.mx/blog/machine-learning-deep-learning-diferencias/>
- DataScientest. (2022). *Cross-validation : definición e importancia en machine learning*. Descargado de <https://acortar.link/jhcZS9>
- Elmasian, E. (1977). *Traffic light radio control system*. U.S. Patent No. 4135144. Descargado de <https://patents.google.com/patent/US4135144>
- ESA. (2021). *What is galileo*. Descargado de https://www.esa.int/Applications/Navigation/Galileo/What_is_Galileo
- Euroinnova. (2020). *¿qué es urgencia y emergencia según la oms? - euroinnova*. Descargado de <https://n9.cl/nw4mz>
- EUSPA. (2021). *What galileo* [Archivo de Vídeo]. Descargado de <https://n9.cl/wd0rf>
- EYSSA. (2013). *Semáforos*. Descargado de <https://www.eyssa.com.mx/Semaforos.html#prettyPhoto>
- Future Lab. (2019). *Introducción a las redes neuronales pt. i*. Descargado de <https://acortar.link/vRvwef>
- Galarnyk, M. (2022). *Understanding train test split*. Descargado de <https://builtin.com/data-science/train-test-split>
- GARMIN. (2021). *etrex-10*. Descargado de <https://garmin.com.pe/producto/etrex-10/>
- GPS.gov. (2021). *Gps overview*. Descargado de <https://www.gps.gov/systems/gps/>
- Herranz, A. (2020). *El algoritmo que da vía libre a los vehículos de emergencia*. Descargado de <https://n9.cl/ique4>
- Koralege, R. (2016). *Differences between gprs, edge, 3g, hsdpa, hspa+ and 4g lte*. Descargado de <https://n9.cl/weyzs>
- Ley N°27200. (1999). *Ley que regula el empleo de señales audibles y visibles en vehículos de emergencia y vehículos oficiales [Congreso de la República del Perú]*. Descargado de <https://docs.peru.justia.com/federales/leyes/27200-nov-9-1999.pdf>
- LinkedIn. (2019). *Jetson vs raspberry pi vs arduino for robotic*. Descargado de <https://n9.cl/rvoyf>

- Long, W. (1967). *Traffic signal remote control system*. U.S. Patent No. 3550078A. Descargado de <https://patents.google.com/patent/US3550078A/en>
- MAG. (2020). Emergency vehicle preemption state of the practice. Descargado de <https://n9.cl/td34g>
- Magiquo. (2019). *Redes neuronales o el arte de imitar el cerebro humano*. Descargado de <https://magiquo.com/redes-neuronales-o-el-arte-de-imitar-el-cerebro-humano/>
- Maida, E., y Pacienza, J. (2015). *Metodologías de desarrollo de software. tesis de licenciatura en sistemas y computación. facultad de química e ingeniería "fray rogelio bacon"*. Universidad Católica Argentina. Descargado de <https://patents.google.com/patent/US3550078A/en>
- Mecanismos de transmisión. (2021). *Tornillo sin fin - mecanismos de transmisión*. Descargado de <https://sites.google.com/site/arnauaguagu/tornillo-sin-fin>
- Metrolight. (2021). *Semáforos led – venta de semáforos, fábrica y distribuidor*. Descargado de <https://www.metrolight-es.com/semaforos-led/>
- Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. (2016). *Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras* (4.ª ed.). Descargado de <https://n9.cl/scl3>
- Modena Automotive Smart Area. (2020). *The smart model area in modena*". Descargado de <https://www.automotivesmartarea.it/?lang=en>
- Márquez, J., y Muñoz, P. (2022). *Víasegura: Tecnología digital para mejorar la seguridad vial*. Descargado de <https://blogs.iadb.org/transporte/es/viasegura-tecnologia-digital-para-mejorar-la-seguridad-vial/>
- Naylamp Mechatronics – Perú. (2021). *Módulo rele*. Descargado de <https://n9.cl/5l2ny>
- Numerentur.org. (2021). *Fa relu*. Descargado de <https://numerentur.org/funcion-de-activacion-relu/>
- Ordoñez, A., y Trochez, B. (2019). *Sistema de control inteligente de semáforos basado en el análisis de patrón de tráfico para el caso de estudio de la intersección vial del sector de tulcan – popayán*. Descargado de <https://n9.cl/0z6w00>
- Orozco, H., Lazcano, S., y Landassuri, V. (2013). *Simulación basada en agentes para el control inteligente de semáforos mediante lógica difusa*. Descargado de <https://n9.cl/7jd5b>

- Paz, O. (2019). *Bomberos a media máquina: El 48% de sus unidades de emergencia están inoperativas*. Descargado de <https://n9.cl/3eq6d>
- Peptel. (2021). *Peptel – suministro de energía*. Descargado de <https://peptel.com.pe/>
- Pololu Robotics and Electronics. (2021). *Metal gearmotor 12v with 48 cpr encoder*. Descargado de <https://www.pololu.com/product/4883>
- Real Academia Española. (s.f.). *Emergencia*. Descargado de <https://dle.rae.es/emergencia>
- Resolución Ministerial 210. (2000). *Manual de dispositivos de control del tránsito automotor en calles y carreteras* [Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones]. Descargado de <https://n9.cl/4sdo75>
- Reyna, R. (2018). *Un día con el samu: El tráfico de lima es el principal problema ante una emergencia*. Descargado de <https://n9.cl/ejc7>
- Rodamientos SKF. (2019). *Rodamientos*. Descargado de <https://n9.cl/ujh2q>
- Ruiz, A., y Alpizar, E. (2014). *Método de sincronización de planes en un controlador semafórico. ingeniería electrónica, automática y comunicaciones*. Descargado de <https://n9.cl/lralg>
- Sample HubSpot User. (2019). *¿qué es una workstation y para qué sirve?* Descargado de <https://n9.cl/7akx>
- Sanchez, F. (2014). *Diseño y construcción de un robot para inspección visual de tubería operado remotamente para la empresa fsb recubrimientos industriales*. Descargado de <https://n9.cl/4j3cp>
- Sanchez, S. (2020). *Más congestión, menos tiempo de respuesta ante emergencias - moviliblog*. Descargado de <https://n9.cl/a78gy>
- Sancho, F. (2020). *Entrenamiento de redes neuronales: mejorando el gradiente descendente*. Descargado de <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=165>
- Shaaban, K., Khan, M., Hamila, R., y Ghanim, M. (2019). *A strategy for emergency vehicle preemption and route selection*. *arabian journal for science and engineering*. doi: 10.1007/s13369-019-03913-8
- Sindicato CPPM. (2019). *Los semáforos del futuro ya son una realidad* [Archivo de Vídeo]. Descargado de <https://n9.cl/ycc5h>
- SUNARP. (2020). *Número de autos que circulan en el país acumula una década de crecimiento continuo*. Descargado de <https://n9.cl/9uhh8u>

TomTom. (2020). *Traffic index*. Descargado de https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/ranking/

Universitat Politècnica de València. (2019). *¿chavetas paralelas ¿din 6885 upv* [Archivo de Vídeo]. Descargado de <https://n9.cl/j8km5>

Witte, E., y Wilkerson, G. (2009). *Traffic signal devices and methods of using the same*. U.S. Patent No. 20100026520. Descargado de <https://patents.google.com/patent/US20100026520>



Anexos



Anexo B. Matriz morfológica

Soluciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Sentido			

B. 1. submódulo de semaforización

Este submódulo está conformado el diseño total del semáforo, abarcando la distribución de la energía, modo de operación, control, recepción de señales, señales de emergencia, entre otros.

Funciones parciales	Portadores de funciones		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Acondicionar energía para controlador	 Convertor AC/DC	 Fuente UPS	 Fuente de alimentación conmutada
Acondicionar energía para modo de emergencia	 Interruptor inalámbrico	 Módulo relé	 Módulo relé
Acondicionar energía para actuador	 Convertor AC/DC	 Fuente de alimentación conmutada	 Fuente de alimentación directa
Controlar señales de emergencia	 Microprocesadore	 Microordenadores	 FPGA
Acondicionar energía para señal luminosa	 Convertor AC/DC	 Fuente UPS	 Fuente de alimentación conmutada

Funciones parciales	Portadores de funciones		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Recibir señales de activación	 Router Wifi	 Modulo de transmision de datos GSM	 Receptor de señales
Accionar mecanismo de giro	 Servomotor	 Motor a pasos	 Motor DC
Transmitir giro	 Mecanismo de Biela-manivela	 Mecanismo de engranajes	
Generar señales luminosas	 Luces LED		 Foco LED
Intercambiar señales de emergencia	 Luces LED	 Laminas de colores	

B. 2. submódulo de interfaz de operario y conductor

Este submódulo está conformado por el modo de funcionamiento – comunicación entre las señales visibles para los usuarios.

Funciones parciales	Portadores de funciones		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Indicar: Coordenadas de emergencia	 <p>En dispositivo móvil + Desarrollo de aplicación móvil SO Android 5.0 o superior</p>	 <p>En laptop + Desarrollo de aplicación móvil SO Windows 10 o superior</p>	
Mostrar señales y datos requeridos			
Enviar (Tx) datos			
Recibir (Rx) datos			

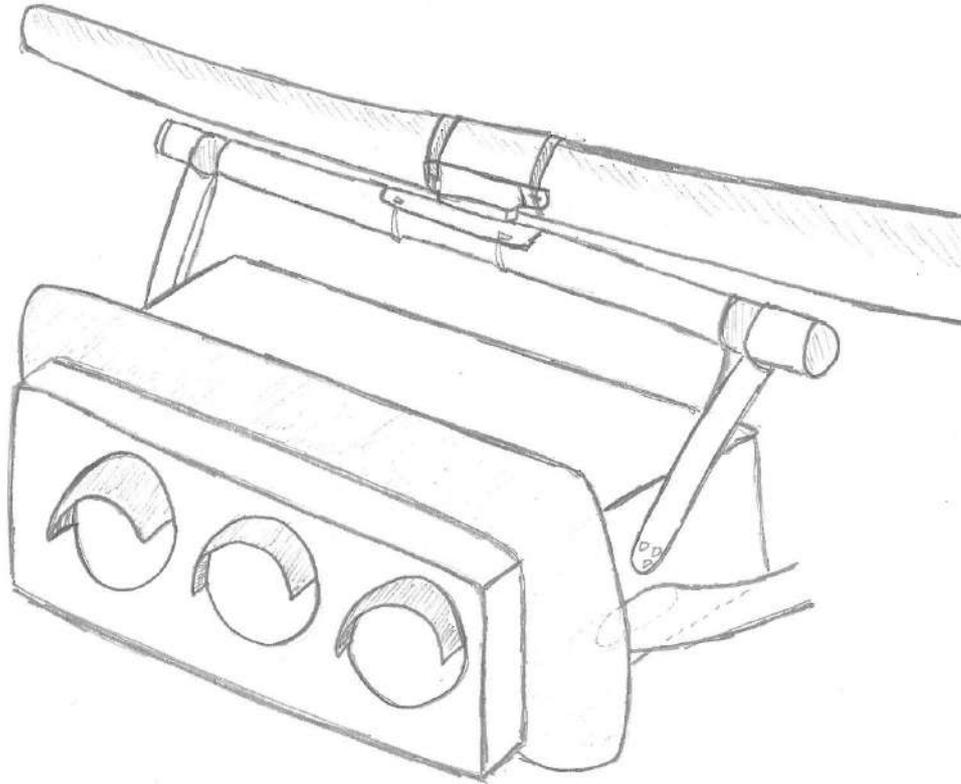
B. 3. submódulo de control central

Este submódulo está conformado por el modo de funcionamiento – comunicación entre las señales visibles para los usuarios.

Funciones parciales	Portadores de funciones		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Generar: ruta de destino, señales de activación, lógica de control, etc	 <p>workstation computer</p>		
Sensar: posición global			
Enviar (Tx) datos			
Recibir (Rx) datos			

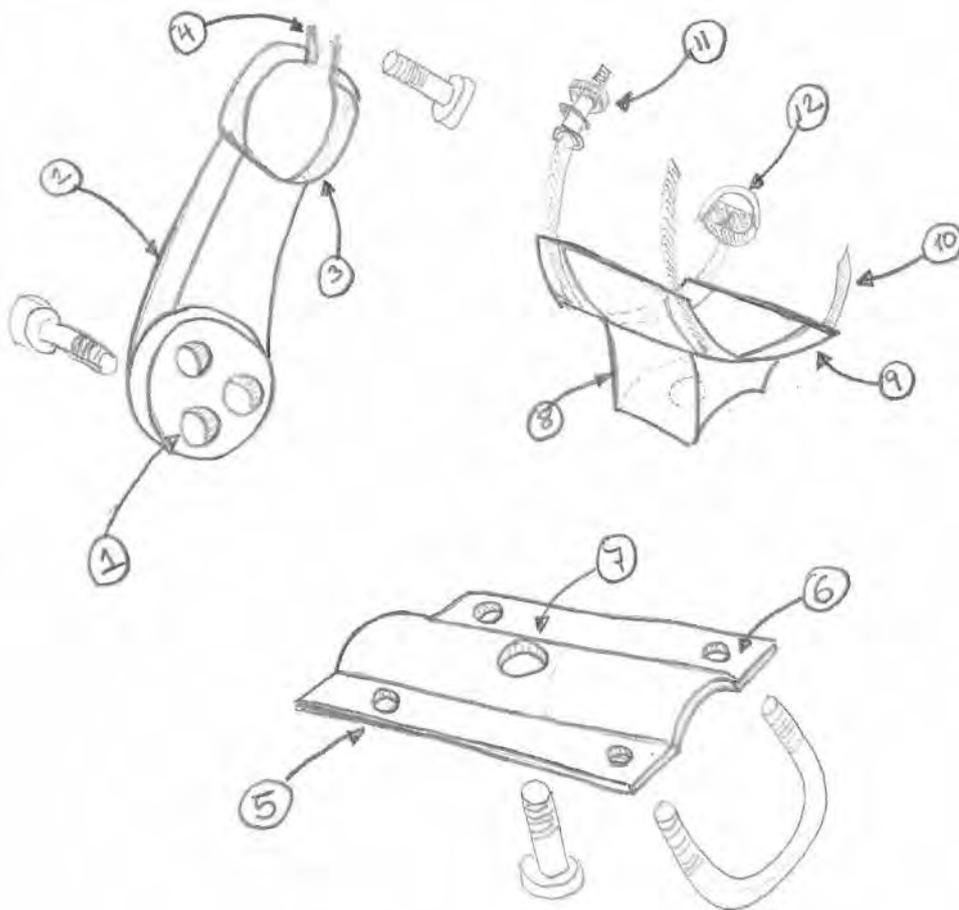
Anexo C. Esquema exterior completo del sistema de semáforos

C.1. Vista externa del semáforo implementada en cualquier solución



Fuente: Elaboración Propia

C.2. Vista externa del semáforo implementada en cualquier solución



Fuente: Elaboración Propia

Tabla C-2. Leyenda de la figura C-2

Ítem	Detalle
1	Unión atornillada para fijar el bloque del semáforo
2	Brazo de extensión
3	Gancho de presión barra de semáforo
4	Unión atornillada barra del semáforo
5	Plancha de presión contra la barra del semáforo
6	Unión atornillada barra de semáforo
7	Unión atornillada bloque de fijación ménsula
8	Bloque de fijación ménsula
9	Rieles de correas
10	Correas de sujeción
11	Sistema tornillo, arandela y tuerca de presión
12	Gancho de anclaje y presión de correa de sujeción

Anexo D. Desarrollo de interfase grafica del software implementada en cualquier solución

D. 1. Ventana de acceso al sistema

SAVE

USUARIO:

CODIGO:

funcion:

Fuente: Elaboración Propia

D. 2. Ventana de complementos

CONFIGURACION

Nº PLACA

NOMBRE

APELLIDOS

CODIGO GPS

TIPO DE Vehiculo

Nº DE PLACA

CODIGO GPS

Nombre	APELLIDO	ESTADO	COD

Fuente: Elaboración Propia

ESTADISTICA

Nº DE EMERGENCIAS

TIEMPO DE SERVICIO H MM

HISTORIAL DE EMERGENCIAS

Nº	Fecha	Hora	Log
1			
2			
3			

MOSTRA GRAFICA

Fuente: Elaboración Propia

TENICO

LATITUD **ANCLAR**

LONGITUD

CODIGO SEMAFORO **7-20**

NUMERO DE SEMAFOROS **10**

AGREGAR

Nº	CODIGO	LAT	LONG	SENTIDO
1				
2				

MOSTRAR BLOQUE

COD	lat	long	ESTADO

ELIMINAR

Fuente: Elaboración Propia

E. 1. Normas DIN 688

Ejemplo DIN 6885



Dimensionar chavetero para:
d = 12mm (ajuste normal)

Dimensiones en mm.

Sección b × h	Ancho b		Altura h		Chafilán b _c		Longitud l	
	Nominal	Toler. h ₉	Nominal	Toler. h ₉ f11	Mínimo	Máximo	De	h ₁
4 × 4	4	0	4	0	0,16	0,25	8	45
5 × 5	5	-0,030	5	-0,030	0,25	0,40	10	56
6 × 6	6	0	6	0	0,25	0,40	14	70
8 × 7	8	0	7	0	0,25	0,40	18	90
10 × 8	10	-0,036	8	0	0,25	0,40	18	90

Diámetro de eje d	Sección de la chaveta b × h	Ancho b, tolerancia		Clase de ajuste del enclavado		Profundidad		Chafilán	
		Nominal	toler.	Leve	Normal	Eje h ₉	Cubo h ₂	R ₁	R ₂
10	4 × 4	4	-0,076	Eje N9	Cubo J5 g	-0,012	2,5	1,8	0,09
12	5 × 5	5	-0,030	Eje y cubo normal	Eje y cubo normal	+0,1	2,3	2,3	0,16
17	6 × 6	6	0	Eje N9	Cubo J5 g	-0,042	3	2,8	0,16
22	8 × 7	8	+0,036	Eje N9	Cubo J5 g	-0,042	3,5	2,8	0,16

Longitudes normalizadas:
8, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 36, 40, 45, 50, 55, 60, 63, 65, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 125, 130, 140, 150, 160, 180, 200, 250, 280

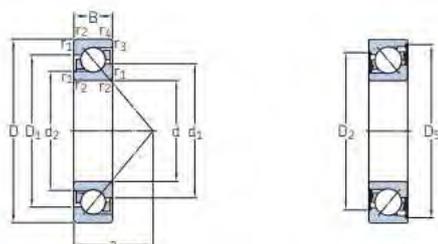
Fuente: Universitat Politècnica de València (2019)

E. 2. Catálogo de rodamientos

3.1 Rodamientos de una hilera de bolas de contacto angular

d 10 – 20 mm

3.1

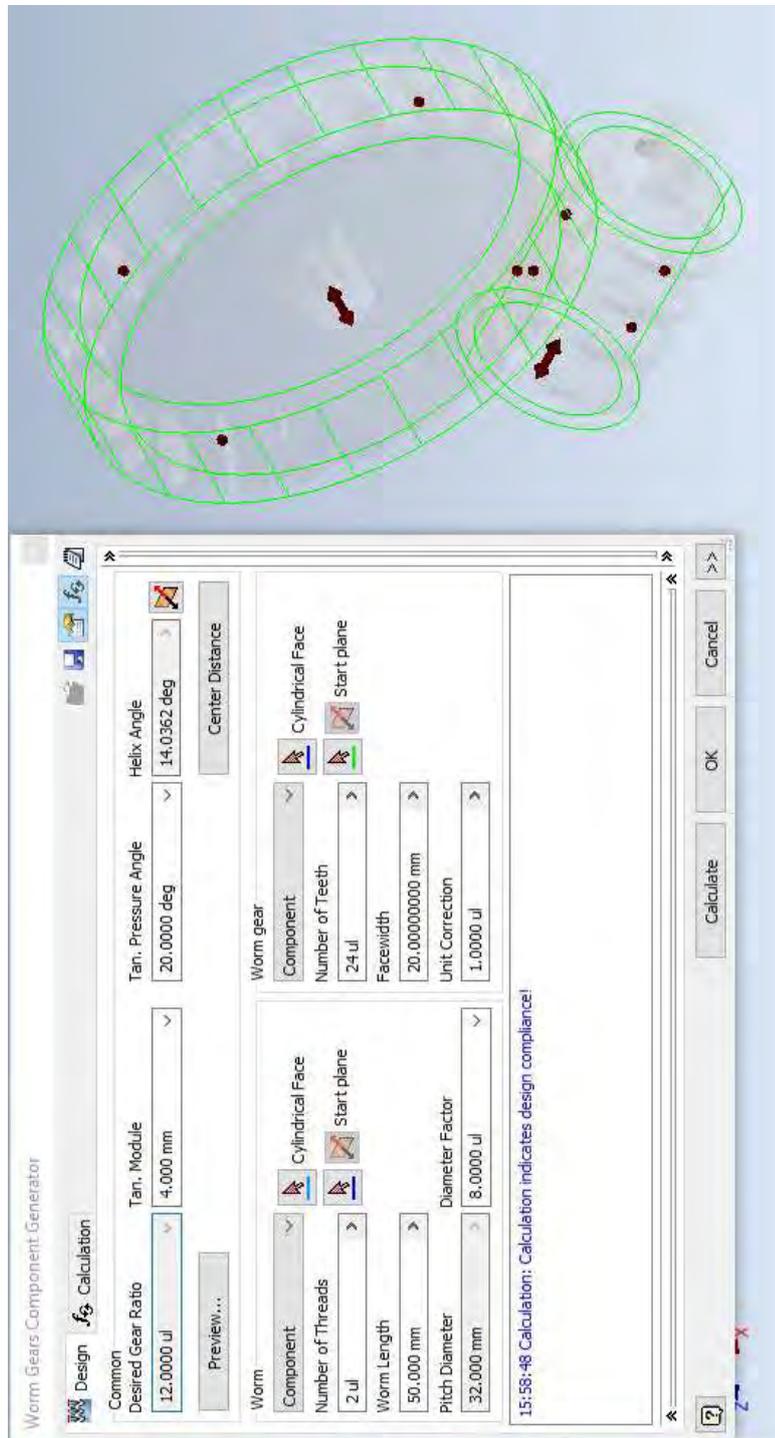


2RZ

Dimensiones principales		Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	Rodamiento de	
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite	Rodamientos de emparejamiento universal	diseño básico/ sellado	
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	–	
10	30	9	7,02	3,35	0,14	30 000	30 000	0,03	▶ 7200 BECBP	▶ 7200 BEP
12	32	10	7,61	3,8	0,16	28 000	26 000	0,036	▶ 7201 BECBP	▶ 7201 BEP
	37	12	10,6	5	0,208	26 000	20 000	0,06	–	▶ 7301 BE-2RZP
	37	12	10,6	5	0,208	26 000	24 000	0,06	–	▶ 7301 BEP
15	35	11	8,32	4,4	0,183	24 000	20 000	0,045	–	▶ 7202 BE-2RZP
	35	11	8,32	4,4	0,183	24 000	24 000	0,045	–	▶ 7202 BEP
	35	11	8,8	4,65	0,196	24 000	26 000	0,045	▶ 7202 BECBP	–
17	35	11	10,2	5,2	0,224	26 000	40 000	0,045	7202 ACCBM	–
	42	13	13	6,7	0,28	22 000	17 000	0,082	–	▶ 7302 BE-2RZP
	42	13	13	6,7	0,28	22 000	20 000	0,08	▶ 7302 BECBP	▶ 7302 BEP
17	40	12	10,4	5,5	0,236	22 000	17 000	0,063	–	▶ 7203 BE-2RZP
	40	12	10,4	5,5	0,236	22 000	20 000	0,065	–	▶ 7203 BEP
	40	12	11	5,85	0,25	22 000	22 000	0,065	▶ 7203 BECBP	–
40	40	12	11	5,85	0,25	22 000	28 000	0,065	▶ 7203 BECBM	–
	40	12	11,1	6,1	0,26	22 000	20 000	0,065	–	7203 BEY
	40	12	12,5	6,7	0,285	24 000	34 000	0,065	7203 ACCBM	–

Fuente: Rodamientos SKF (2019)

E. 3. Diseño de Corona y Tornillo sin fin



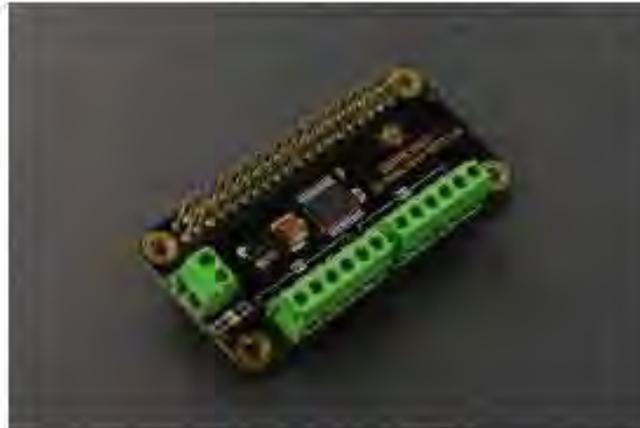
Fuente: Elaboración Propia

Anexo F. Datasheets

F. 1. Driver Motor DC



**SKU:
DFR0592**



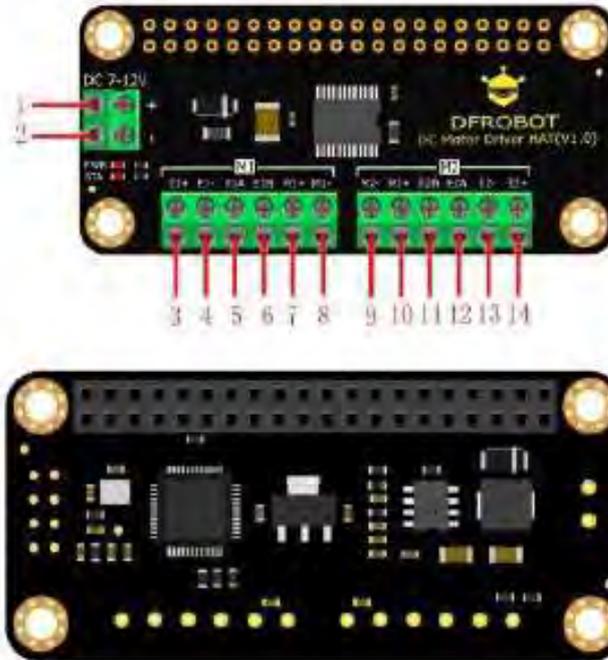
Introduction

This is a Raspberry Pi DC motor driver board with on-board encoder interface, which can drive 2-way DC motor and DC motor with encoder. It communicates with Raspberry Pi via I2C, easy to configure and drive motors. The DC Motor Driver HAT adopts STM32 micro-processor to analyze the command sent by the upper host, and then convert into motor drive signal after calculation. Besides that, a high-performance TB6612FNG motor drive chip is integrated on the module. The single channel continuous current is 1.2A and the peak current is up to 2A. The motor driver supports 7~12V wide input voltage.

Specification

- Main Controller: STM32
- Operating Voltage: 7~12V
- Logical Voltage: 5V
- Motor Driver Chip: TB6612FNG
- Communication Interface: I2C
- Default IIC Address: 0x10
- Continuous Drive Current: 2A
- Working Mode : 2-way DC Motor/ 2-way DC Motor with Encoder
- 2 Indicators
 - Power Indicator
 - Communication Status Indicator
- Dimension: 65×30mm/2.56×1.18"

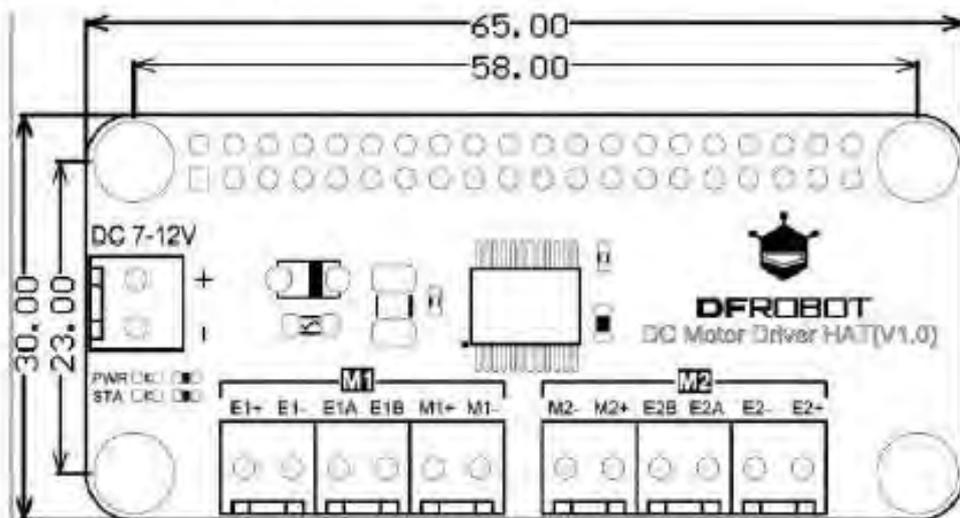
Board Overview



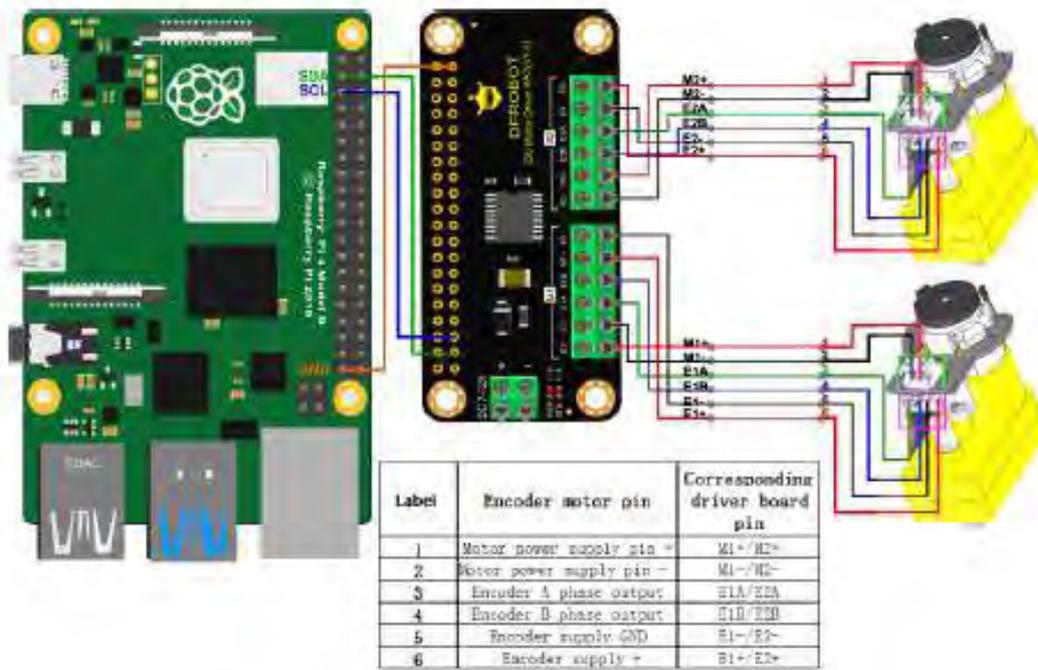
Num	Name	Description
1	+	External Power Positive (7~12V)
2	-	External Power Negative
3	E1+	Encoder E1 Positive
4	E1-	Encoder E1 Negative
5	E1A	Encoder E1 A Phase Output
6	E1B	Encoder E1 B Phase Output

Num	Name	Description
7	M1+	Motor M1 Positive
8	M1-	Motor M1 Negative
9	M2-	Motor M2 Negative
10	M2+	Motor M2 Positive
11	E2B	Encoder E2 B Phase Output
12	E2A	Encoder E2 A Phase Output
13	E2-	Encoder E2 Negative
14	E2+	Encoder E2 Positive

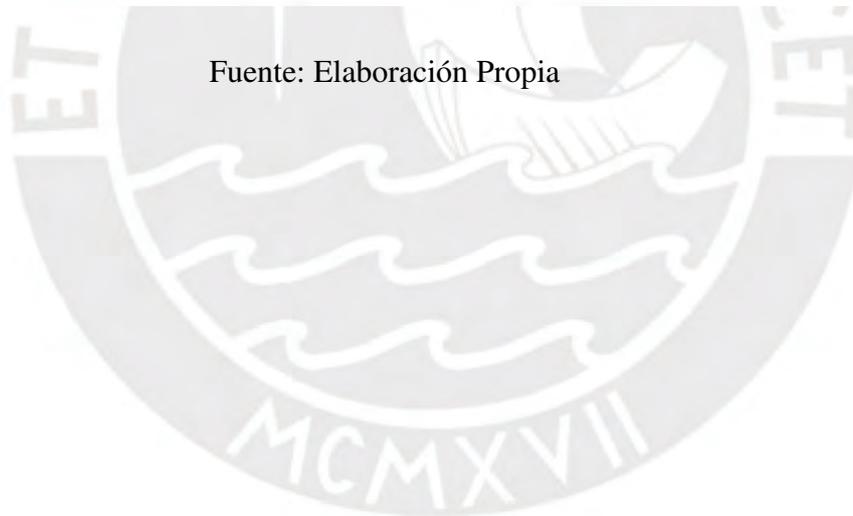
Dimension Diagram



Connection Diagram



Fuente: Elaboración Propia



F. 2. Fuentes de poder

CONEXIONADO

1. Conectar la fuente a la alimentación respetando la coincidencia de los conductores de línea y neutro con los bornes L y N respectivamente; también el conductor de puesta a tierra. Ver esquema de conexión.
2. Conectar los conductores de los artefactos a instalar (luminarias o controladores) a la salida de la fuente respetando la coincidencia de los conductores positivo (+) y negativo (-) con los bornes V+ y V- respectivamente. Ver esquema de conexión.
3. Utilizar los elementos de protección correspondientes (disyuntor diferencial y llave termomagnética) en la línea de alimentación.
4. Prestar atención a las notas de advertencia de este manual.

IMPORTANTE: Considerar una fuente con un 25% más de capacidad de consumo, que el consumo solicitado.

IMPORTANTE: Realizar siempre la conexión de las luminarias en paralelo.

VULCANO
www.vulcano-sa.com

VULCANO[®]

ACCESORIOS PARA PISCINAS, HIDROMASAJES Y TRATAMIENTO DE AGUA

MANUAL DE INSTRUCCIONES

FUENTE SWITCHING
5A (60W)



SWITCHING 5 AMP

COD 112043

Instrucciones de Instalación

Las Fuentes Switching, son dispositivos que permiten transformar la energía eléctrica que alimenta un sistema, reduciendo la tensión y rectificando el circuito eléctrico de corriente alterna (CA) a corriente continua (CC).

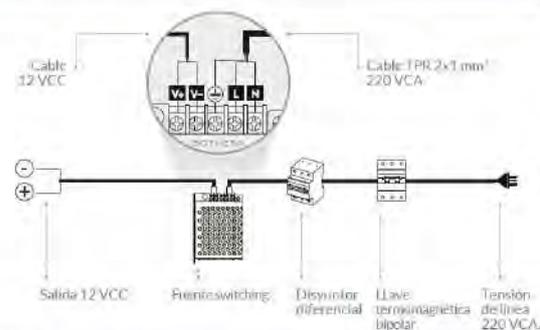
TENSIÓN DE ENTRADA

Tensión	220VCA 50Hz/60Hz (Corriente Alterna)
---------	--------------------------------------

TENSIÓN DE SALIDA

Tensión	12 VCC (Corriente Continua)
Corriente máx.	5 A
Potencia máx.	60 W

ESQUEMA DE CONEXION



¡ATENCIÓN! Las instrucciones vertidas en este manual son de guía y utilidad para el usuario y constructor. Vulcano S.A. recomienda solicitar los servicios de un electricista matriculado y capacitado para realizar instalaciones eléctricas fijas, empleando normas vigentes AEA (Asociación Electrónica Argentina) reglamentar por el ENRE, o IEC 335-1-98 según resolución nacional 92/98 de SEMyC.

990473-REV19SP

CONEXIONADO

1. Conectar la fuente a la alimentación respetando la coincidencia de los conductores de línea y neutro con los bornes L y N respectivamente; también el conductor de puesta a tierra. Ver esquema de conexión.
2. Conectar los conductores de los artefactos a instalar (luminarias o controladores) a la salida de la fuente respetando la coincidencia de los conductores positivo (+) y negativo (-) con los bornes V+ y V- respectivamente. Ver esquema de conexión.
3. Utilizar los elementos de protección correspondientes (disyuntor diferencial y llave termomagnética) en la línea de alimentación.
4. Prestar atención a las notas de advertencia de este manual.



IMPORTANTE: Considerar una fuente con un 25% más de capacidad de consumo, que el consumo solicitado.



IMPORTANTE: Realizar siempre la conexión de las luminarias en paralelo.

VULCANO
www.vulcano-sa.com

VULCANO[®]

ACCESORIOS PARA PISCINAS, HIDROMASAJES Y TRATAMIENTO DE AGUA

MANUAL DE INSTRUCCIONES

FUENTE SWITCHING 10A (120W)



SWITCHING 10 AMP

COD. 112045

Instrucciones de Instalación

Las Fuentes Switching, son dispositivos que permiten transformar la energía eléctrica que alimenta un sistema, reduciendo la tensión y rectificando el circuito eléctrico de corriente alterna (CA) a corriente continua (CC).

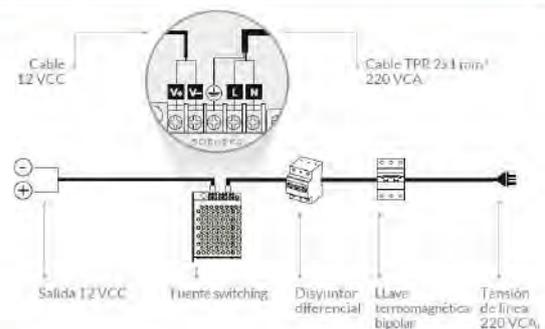
TENSIÓN DE ENTRADA

Tensión	220VCA 50Hz/60Hz (Corriente Alterna)
---------	--------------------------------------

TENSIÓN DE SALIDA

Tensión	12 VCC (Corriente Continua)
Corriente máx.	10 A
Potencia máx.	120 W

ESQUEMA DE CONEXIÓN



ATENCIÓN: Las instrucciones vertidas en este manual son de guía y utilidad para el usuario y constructor. Vulcano S.A. recomienda solicitar los servicios de un electricista matriculado y capacitado para realizar instalaciones eléctricas fijas, empleando normas vigentes AEA (Asociación Electrónica Argentina) reglamentar por el ENRE, o IEC 325: 1-96 según resolución nacional 92/98 de SEMyC.

990475-REV19SP

Fuente: Vulcano.SA

E. 3. Tecnología LED SMD

www.osram-oe.com

GW QSSPA1.PM

OSCONIQ® P 3030

High-power LED with high performance, superior robustness and long lifetime.



Applications

- Architecture
- Area Lights
- Highbay Industrial
- Portable LED Lighting
- Street, Tunnel and Outdoor

Features:

- Package: New SMD epoxy package with silicone lens
- Typ. Radiation: 120° (Lambertian emitter)
- Corrosion Robustness Class: 3B
- Color temperature: 2700K - 6500K
- CRI: 70 (min.), 72 (typ.), R9: -50 (min.)
- ESD: 8 kV acc. to ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 (HBM, Class 3B)
- Luminous Flux: typ. 160 lm @ 5000 K, 85 °C
- Luminous efficacy: typ. 160.4 lm/W @ 5000 K, 85 °C

† Version 1.4 | 2024-12-17



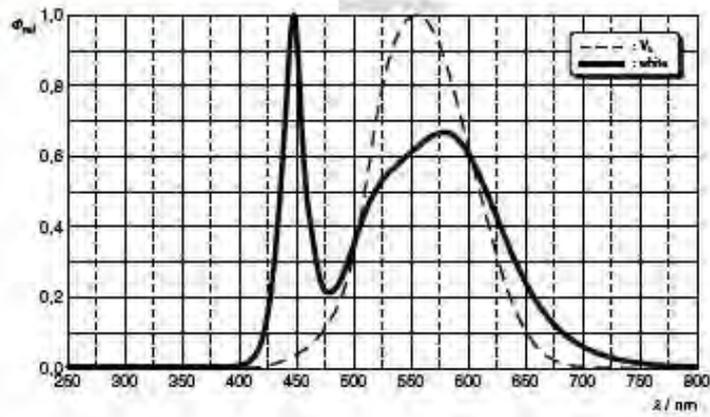
OSRAM
Opto Semiconductors

Characteristics $I_f = 350 \text{ mA}$; $T_j = 85 \text{ }^\circ\text{C}$

Parameter	Symbol		Values
Viewing angle at 50% I_f	2ϕ	typ.	120 °
Forward Voltage ²⁾ $I_f = 350 \text{ mA}$	V_f	min.	2.70 V
		typ.	2.85 V
		max.	3.20 V
Reverse current ²⁾	I_r		Not designed for reverse operation
Color Rendering Index ⁶⁾ (2700K - 6500K)	CRI	min.	70
		typ.	72
Color Rendering Index (Ra) ⁶⁾	CRI (Ra)	min.	-50
Electrical thermal resistance junction/solderpoint with efficiency $\eta_e = 46 \%$	$R_{th,elec}$	typ.	4.9 K/W

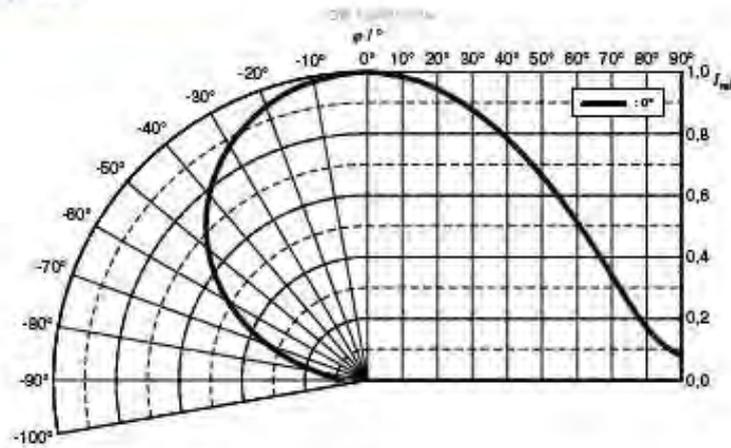
Relative Spectral Emission ¹⁾

$\Phi_{rel} = f(\lambda); I_p = 350 \text{ mA}; T_j = 85 \text{ }^\circ\text{C}$



Radiation Characteristics ²⁾

$I_{rel} = f(\phi); T_j = 85 \text{ }^\circ\text{C}$



E. 4. Módulo de comunicación SIM7600E (4G)

SIM7600E-H 4G HAT User Manual 



SIM7600E-H 4G HAT

Overview

The SIM7600E-H 4G HAT is a 4G/3G/2G communication and GNSS positioning module, which supports LTE CAT4 up to 150Mbps for downlink data transfer. It is pretty low power consumption.

You can connect this 4G module with computer to surf the Internet, or attach it onto Raspberry Pi to enable functions like 4G high speed connection, wireless communication, making telephone call, sending SMS, global positioning, etc.

Note: this is a region-specific module, please check the supported bands before placing order.

Features

- Raspberry Pi connectivity, compatible with Raspberry Pi Zero/Zero W/Zero WH/2B/3B/3B+
- Supports dial-up, telephone call, SMS, MMS, mail, TCP, UDP, DTMF, HTTP, FTP, etc.
- Supports GPS, BeiDou, Glonass, LBS base station positioning
- Onboard USB interface, to test AT Commands, get GPS positioning data, and so on
- Onboard CP2102 USB to UART converter, for serial debugging
- Breakout UART control pins, to connect with host boards like Arduino/STM32
- SIM card slot, supports 1.8V/3V SIM card
- TF card slot for storing data like files, messages, etc.
- Onboard audio jack and audio decoder for making telephone call
- 2x LED indicators, easy to monitor the working status
- Onboard voltage translator, operating voltage can be configured to 3.3V or 5V via jumper
- Baudrate: 300bps ~ 4Mbps (default: 115200bps)
- Autobauding baudrate: 9600bps ~ 115200bps
- Control via AT commands (3GPP TS 27.007, 27.005, and V.25TER command set)
- Supports SIM application toolkit: SAT Class 3, GSM 11.14 Release 99, USAT
- Comes with development resources and manual (examples for Raspberry Pi/Arduino/STM32)

Rev1.0/June 8, 2018 1

- Sensitivity
 - Tracking: -159 dBm (GPS) / -158 dBm (GLONASS) / TBD (BD)
 - Cold starts: -148 dBm
- Time-To-First-Fix (open air)
 - Cold starts: <35s
 - Hot starts: <1s
- Accuracy
 - Position: <2.5m CEP

SMS and Audio Specifications

- SMS
 - Supported types: MT, MO, CB, Text, PDU
 - Storage: USIM card and ME (default)
- Audio feature
 - Supports echo cancellation
 - Supports noise reduction

Other Specifications

- Power supply: 5V
- Operating voltage: 5V/3.3V (configured via jumper)
- Operating temperature: -30°C ~ 80°C
- Storage temperature: -45°C ~ 90°C
- Dimension: 56.21mm x 65.15mm

What's on Board

E. 5. Raspberry 3B+



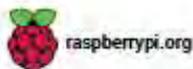
Overview



The Raspberry Pi 3 Model B+ is the latest product in the Raspberry Pi 3 range, boasting a 64-bit quad core processor running at 1.4GHz, dual-band 2.4GHz and 5GHz wireless LAN, Bluetooth 4.2/BLE, faster Ethernet, and PoE capability via a separate PoE HAT

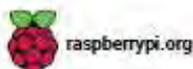
The dual-band wireless LAN comes with modular compliance certification, allowing the board to be designed into end products with significantly reduced wireless LAN compliance testing, improving both cost and time to market.

The Raspberry Pi 3 Model B+ maintains the same mechanical footprint as both the Raspberry Pi 2 Model B and the Raspberry Pi 3 Model B.

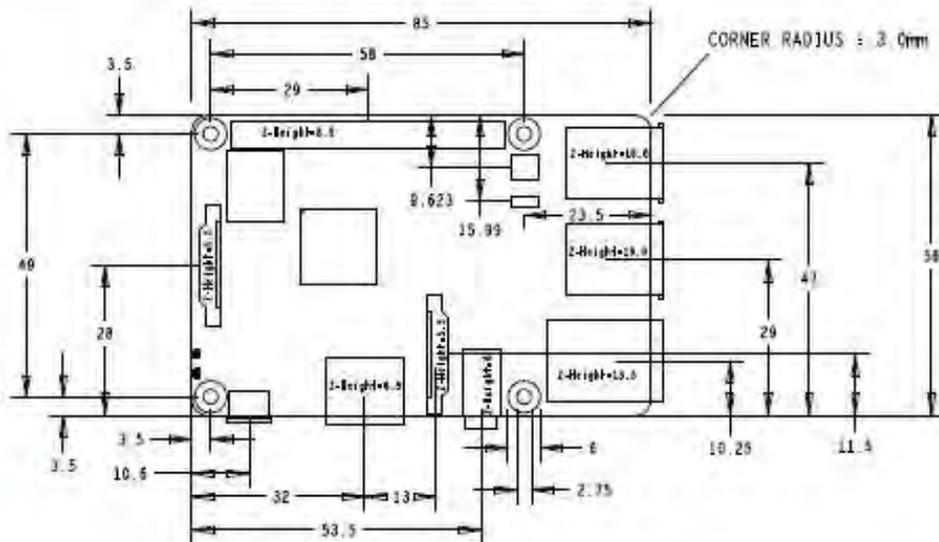


Specifications

Processor:	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4GHz
Memory:	1GB LPDDR2 SDRAM
Connectivity:	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE ■ Gigabit Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300Mbps) ■ 4 × USB 2.0 ports
Access:	Extended 40-pin GPIO header
Video & sound:	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1 × full size HDMI ■ MIPI DSI display port ■ MIPI CSI camera port ■ 4 pole stereo output and composite video port
Multimedia:	H.264, MPEG-4 decode (1080p30); H.264 encode (1080p30); OpenGL ES 1.1, 2.0 graphics
SD card support:	Micro SD format for loading operating system and data storage
Input power:	<ul style="list-style-type: none"> ■ 5V/2.5A DC via micro USB connector ■ 5V DC via GPIO header ■ Power over Ethernet (PoE)-enabled (requires separate PoE HAT)
Environment:	Operating temperature, 0–50 °C
Compliance:	For a full list of local and regional product approvals, please visit www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b+
Production lifetime:	The Raspberry Pi 3 Model B+ will remain in production until at least January 2023.



Physical specifications



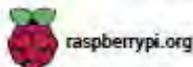
Warnings

- This product should only be connected to an external power supply rated at 5V/2.5A DC. Any external power supply used with the Raspberry Pi 3 Model B+ shall comply with relevant regulations and standards applicable in the country of intended use.
- This product should be operated in a well-ventilated environment and, if used inside a case, the case should not be covered.
- Whilst in use, this product should be placed on a stable, flat, non-conductive surface and should not be contacted by conductive items.
- The connection of incompatible devices to the GPIO connection may affect compliance, result in damage to the unit, and invalidate the warranty.
- All peripherals used with this product should comply with relevant standards for the country of use and be marked accordingly to ensure that safety and performance requirements are met. These articles include but are not limited to keyboards, monitors, and mice when used in conjunction with the Raspberry Pi.
- The cables and connectors of all peripherals used with this product must have adequate insulation so that relevant safety requirements are met.

Safety instructions

To avoid malfunction of or damage to this product, please observe the following:

- Do not expose to water or moisture, or place on a conductive surface whilst in operation.
- Do not expose to heat from any source: the Raspberry Pi 3 Model B+ is designed for reliable operation at normal ambient temperatures.
- Take care whilst handling to avoid mechanical or electrical damage to the printed circuit board and connectors.
- Whilst it is powered, avoid handling the printed circuit board, or only handle it by the edges to minimise the risk of electrostatic discharge damage.



Fuente: digikey.com

E. 5. Módulo rele 4 canales - 5v

SONGLE RELAY

	RELAY ISO9002	SRD
---	---------------	------------



1. MAIN FEATURES

- Switching capacity available by 10A in spite of small size design for highdensity P.C. board mounting technique.
- UL,CUL,TUV recognized.
- Selection of plastic material for high temperature and better chemical solution performance .
- Sealed types available.
- Simple relay magnetic circuit to meet low cost of mass production.

2. APPLICATIONS

- Domestic appliance, office machine, audio, equipment, automobile, etc.
(Remote control TV receiver, monitor display, audio equipment high rushing current use application.)

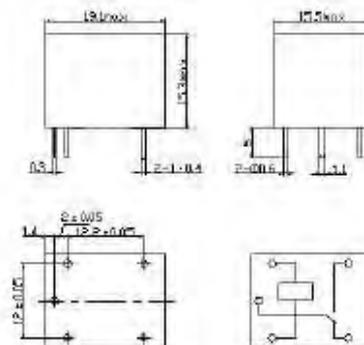
3. ORDERING INFORMATION

SRD	XX VDC	S	L	C
Model of relay	Nominal coil voltage	Structure	Coil sensitivity	Contact form
SRD	03, 05, 06, 09, 12, 24, 48VDC	S:Sealed type	L:0.36W	A:1 form A
		F:Flux free type	D:0.45W	B:1 form B C:1 form C

4. RATING

CCG	FILE NUMBER:CH0052885-2000	7A/240VDC
CCG	FILE NUMBER:CH0036746-99	10A/250VDC
UL/CUL	FILE NUMBER: E167996	10A/125VAC 28VDC
TUV	FILE NUMBER: R9933789	10A/240VAC 28VDC

5. DIMENSION (unit:mm) DRILLING (unit:mm) WIRING DIAGRAM



6. COIL DATA CHART (AT20°C)

Coil Sensitivity	Coil Voltage Code	Nominal Voltage (VDC)	Nominal Current (mA)	Coil Resistance (Ω $\pm 10\%$)	Power Consumption (W)	Pull-In Voltage (VDC)	Drop-Out Voltage (VDC)	Max. Allowable Voltage (VDC)
SRD (High Sensitivity)	03	03	120	25	abt. 0.36W	75% Max.	10% Min.	120%
	05	05	71.4	70				
	06	06	60	100				
	09	09	40	225				
	12	12	30	400				
	24	24	15	1600				
SRD (Standard)	48	48	7.5	6400	abt. 0.45W	75% Max.	10% Min.	110%
	03	03	150	20				
	05	05	89.3	55				
	06	06	75	80				
	09	09	50	180				
	12	12	37.5	320				
	24	24	18.7	1280	abt. 0.51W			
	48	48	10	4500				

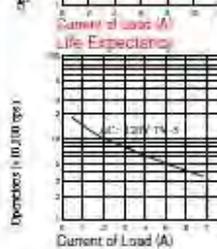
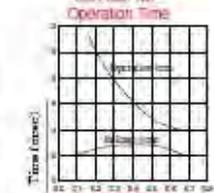
7. CONTACT RATING

Item	Type	SRD	
		FORM C	FORM A
Contact Capacity		7A 28VDC	10A 28VDC
Resistive Load ($\cos\phi=1$)		10A 125VAC	10A 240VAC
		7A 240VAC	
Inductive Load ($\cos\phi=0.4$ L/R=7msec)		3A 120VAC	5A 120VAC
		3A 28VDC	5A 28VDC
Max. Allowable Voltage		250VAC/110VDC	250VAC/110VDC
Max. Allowable Power Factor		800VAC/240W	1200VA/300W
Contact Material		AgCdO	AgCdO

8. PERFORMANCE (at initial value)

Item	Type	SRD
Contact Resistance		100m Ω Max.
Operation Time		10msec Max.
Release Time		5msec Max.
Dielectric Strength	Between coil & contact	1500VAC 50/60HZ (1 minute)
	Between contacts	1000VAC 50/60HZ (1 minute)
Insulation Resistance		100 M Ω Min. (500VDC)
Max. ON/OFF Switching	Mechanically	300 operation/min
	Electrically	30 operation/min
Ambient Temperature		-25°C to +70°C
Operating Humidity		45 to 85% RH
Vibration	Endurance	10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
	Error Operation	10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
Shock	Endurance	100G Min.
	Error Operation	10G Min.
Life Expectancy	Mechanically	10 ⁷ operations. Min. (no load)
	Electrically	10 ⁵ operations. Min. (at rated coil voltage)
Weight		abt. 10grs.

9. REFERENCE DATA



Fuente: alldatasheet.com

E. 6. Motor DC 12v con encoder

20.4:1 Metal Gearmotor 25Dx65L mm LP 12V with 48 CPR Encoder

This gearmotor consists of a **low-power, 12 V** brushed DC motor combined with a **20.4:1** metal spur gearbox, and it has an integrated 48 CPR quadrature encoder on the motor shaft, which provides **979.62 counts per revolution** of the gearbox's output shaft. The gearmotor is cylindrical, with a diameter just under 25 mm, and the D-shaped output shaft is 4 mm in diameter and extends 12.5 mm from the face plate of the gearbox. This gearmotor is also available without an encoder.

Key specifications:

voltage	no-load performance	stall extrapolation
12 V	280 RPM, 60 mA	2.4 kg·cm (33 oz·in), 0.9 A

Overview

These cylindrical brushed DC gearmotors are available in a wide range of gear ratios and with five different motors (two power levels of 6 V motors and three power levels of 12 V motors). The gearmotors all have the same 25 mm diameter case and 4 mm diameter gearbox output shaft, so it is generally easy to swap one version for another if your design requirements change (though the length of the gearbox tends to increase with the gear ratio). The motor and encoder portion is available by itself (no gearbox) for each combination of power level and nominal operating voltage, and versions without the encoder are also available. See the [25D metal gearmotor datasheet](#) (2MB pdf) for more information, including detailed performance graphs for each gearmotor version. You can also use our dynamically sortable [25D gearmotor comparison table](#) to search for the version that offers the best combination of speed, torque, and current draw for your particular application. A more basic comparison table is available below.

Motor Type	Rated Voltage	Stall Current	No-Load Current	Gear Ratio	No-Load Speed (RPM)	Extrapolated Stall Torque		Max Power (W)	Without Encoder	With Encoder
						(kg · cm)	(oz · in)			
Low-Power (LP) 12 V	12 V	0.9 A	50 mA w/o encoder	1:1 (no gearbox)	5600	0.14	1.9	1.8	-	item #4880
				4.4:1	1200	0.53	7.4	1.7	item #3249	item #4881
				9.7:1	580	1.3	18	1.8	item #3250	item #4882
				20.4:1	280	2.4	39	1.7	item #3251	item #4883
				34:1	170	3.7	51	1.6	item #3252	item #4884
				47:1	120	4.8	67	1.4	item #3253	item #4885
			60 mA with encoder	75:1	75	7.1	99	1.4	item #3254	item #4886
				99:1	57	8.7	120	1.2	item #3255	item #4887
				172:1	33	13	180	1.1	item #3256	item #4888
				227:1	25	16	220	1.0	item #3257	item #4889
				378:1	15	23	320	-	item #3258	item #4890

Dimensions

The diagram below shows the dimensions of the 25D mm line of gearmotors (units are mm over [inches]). This diagram is also available as a [downloadable PDF](#) (171k pdf)



Fuente: Pololu Robotics and Electronics (2021)

E. 7. I2C puerto para raspberry

I2C Shield for Raspberry Pi 4, Pi 3, & Pi 2 with Outward Facing I2C Port Terminates over HDMI Port



Highlights

- Provides a Level Shifted 5V I2C Port
- Compatible with Raspberry Pi 4
- Compatible with Raspberry Pi 3
- Compatible with Raspberry Pi 2
- Outward Facing I2C Port
- 40-Pin Pass-Through Connector
- Terminates Directly Above HDMI Port

Description Drawings Resources Specifications Purchasing

In our opinion, the only thing the Raspberry Pi 4, Pi 3, and Pi 2 are truly lacking is an I2C port. Of course you may have guessed by looking at our product offerings that we are admittedly a little biased. No worries.

The IOU2P2 is a non-invasive I2C adapter complete with level shifter providing you with a 5V I2C port for use with any of our I2C devices.

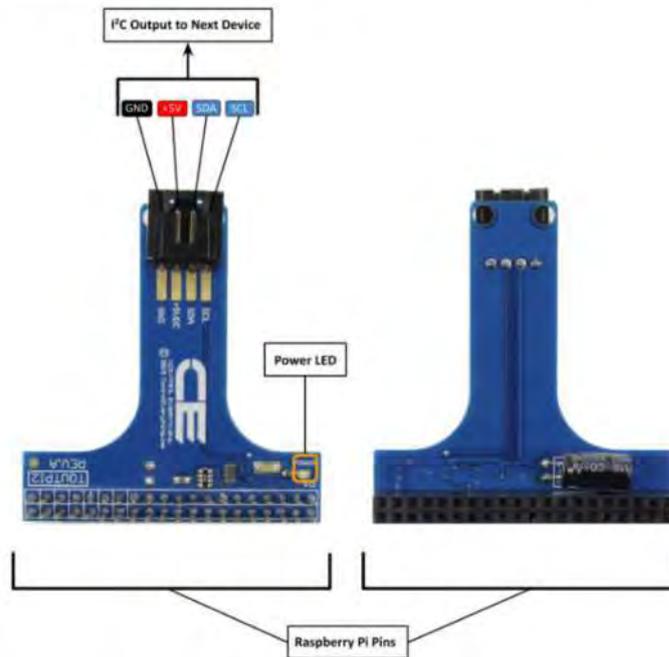
The I2C port points outward toward the outside edge of the board, and terminates directly above the HDMI port. The IOU2P2 does not consume the 40-pin expansion port, as it is equipped with a pass-through connector, freeing the 40-pin connector for other purposes, making it a truly non-invasive design.



NGD

PR2-3

ncd.io

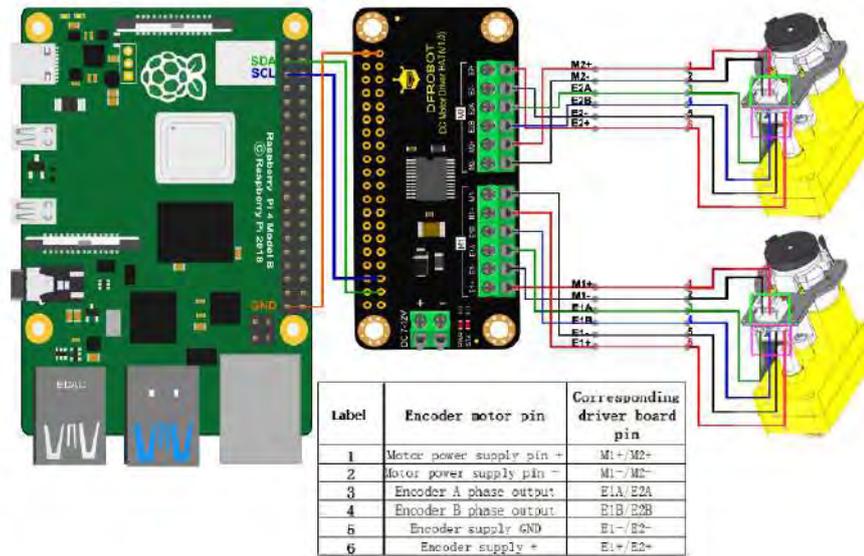


Fuente: National Control Devices

Anexo G. Pinout de componentes

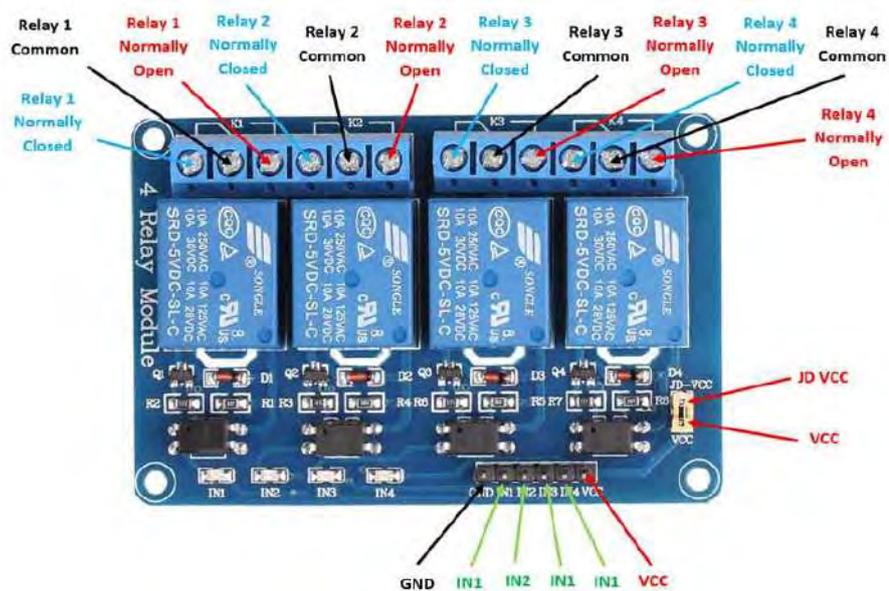
G. 1. Driver Motor DC

Connection Diagram



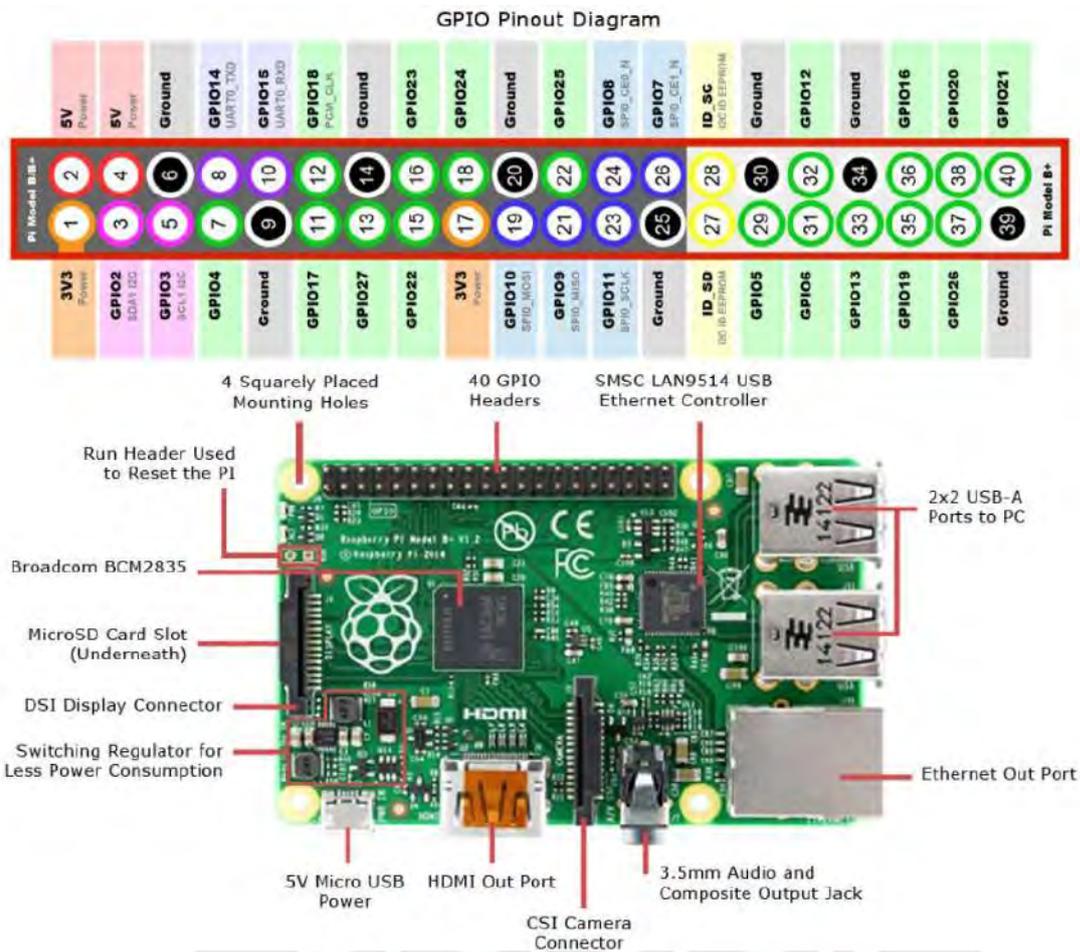
Fuente: dfrobot.com

G. 2. Módulo rele 4 canales



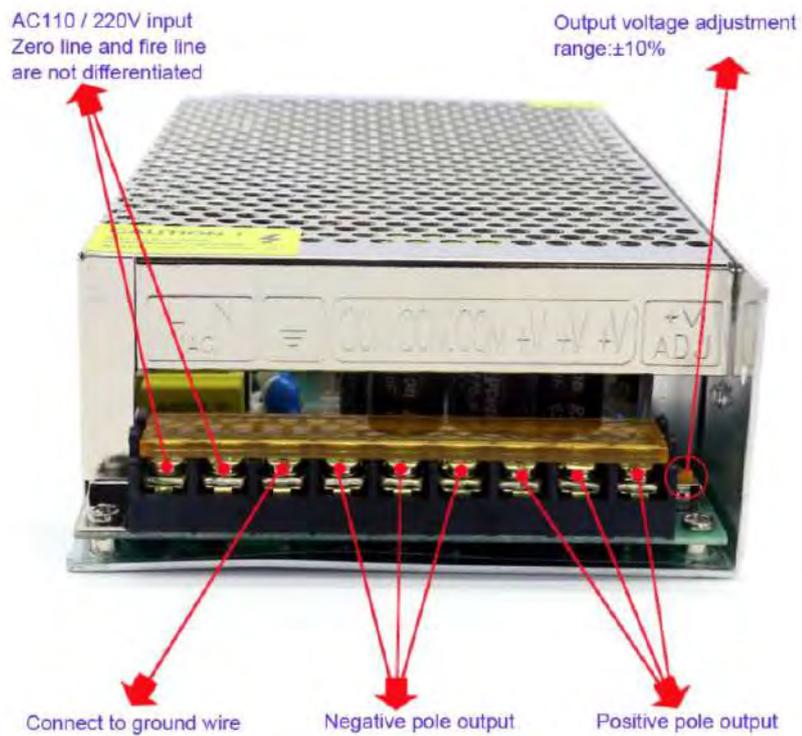
Fuente: Components101.com

G. 3. Raspberry 3b+



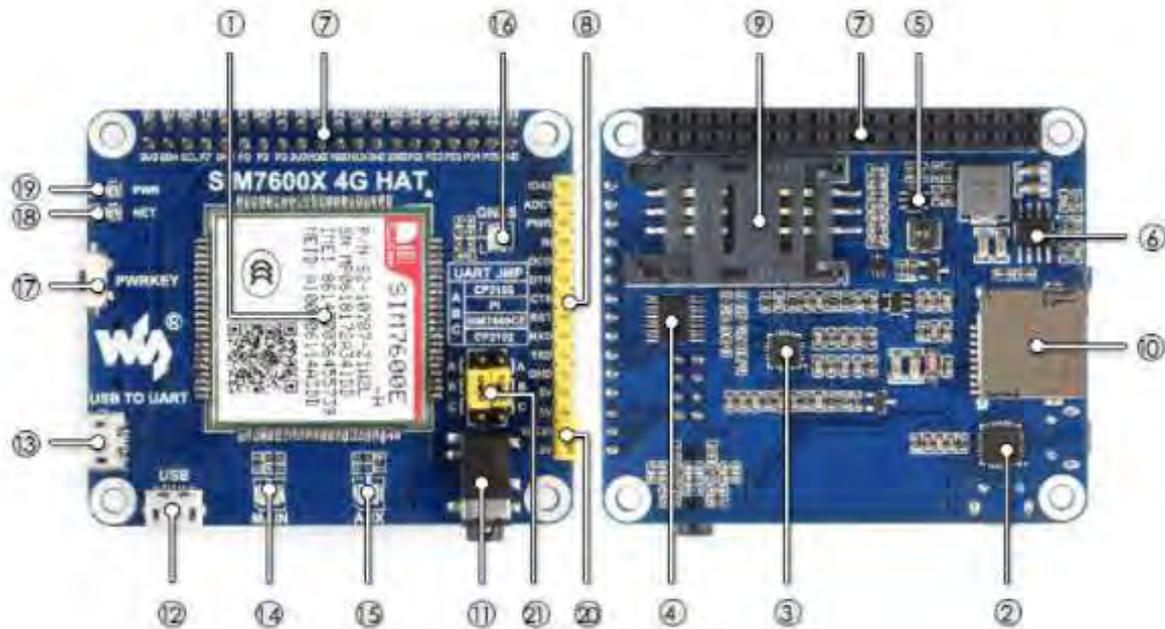
Fuente: jameco.com

G. 4. Fuentes de poder



Fuente: aliexpress.com

G. 5. Módulo SIM7600E



1. SIM7600E-H
2. CP2102 USB to UART converter
3. NAU8810 audio decoder
4. TX50108EPWR voltage translator: translates 3.3V/5V into 1.8V
5. MP2128DT power chip
6. MP1482 power chip
7. Raspberry Pi GPIO header: for connecting with Raspberry Pi
8. SIM7600 control interface: for connecting with host boards like Arduino/STM32
9. SIM card slot: supports 1.8V/3V SIM card
10. TF card slot: allows file/SMS/... storage
11. 3.5mm earphone/mic jack
12. USB interface: for testing AT Commands; getting GPS positioning data, etc.
13. USB to UART interface: for serial debugging, or login to Raspberry Pi
14. MAIN antenna connector
15. AUX antenna connector
16. GNSS antenna connector
17. Power switch
18. Network status indicator
19. Power indicator
20. Operating voltage selection jumper:
 - VCCIO - 3.3V: set operating voltage as 3.3V
 - VCCIO - 5V: set operating voltage as 5V
21. UART selection jumper:
 - A: access Raspberry Pi via USB to UART
 - B: control the SIM7600 by Raspberry Pi
 - C: control the SIM7600 via USB to UART

Fuente: rarecomponents.com

Anexo H. WORKSTATION

United States > For Business > Workstations > Precision Fixed Workstations > Precision 7920 Tower Workstation > Precision 7920 Tower Workstation



Windows | Get to know Windows 11 Pro

Intel® Xeon® Scalable Processors
Compare



Precision 7920 Tower Workstation

- Intel Xeon Gold 6230R (2.1GHz, 4.0GHz Turbo, 26C, 10.4GT/s 2UPI, 35.75MB Cache, HT (150W)) DDR4-2933
- Windows 11 Pro for Workstations (6 cores plus), English, French, Spanish (Dell Technologies recommends Windows 11 Pro for business)
- Nvidia Quadro RTX4000, 8GB, 3DP, VirtualLink (XX20T)
- 64GB 8x8GB DDR4 2933MHz RDIMM ECC Memory
- M.2 512GB PCIe NVMe Class 40 Solid State Drive
- Precision 7920 Tower Chassis (BC_PClE) CL FMX

Fuente: dell.com

Anexo I. CATALOGO DE COSTOS

Hi-Fi
Electronics

Inicio Productos Contactenos CPE Instrumentos Iniciar sesión

Productos
/ FUENTE DE PODER SWITCHING 12V 5A DC
POWER A-60W-1

Buscar



FUENTE DE PODER SWITCHING 12V 5A DC POWER A-60W-1

SKU: S-60W-12

S/ 51.10

- 1 +

Agregar al carrito

🚨 Ingrese el código de promoción

➡ Agregue para comparar ❤️ Agregue a mi lista

Garantía en nuestros productos
Envío a todo el Perú por Oliva Courier

Hi-Fi
Electronics

Inicio Productos Contactenos CPE Instrumentos Iniciar sesión

Productos
/ Fuente de poder switching 12VDC 10ADC
120Watt

Buscar



Fuente de poder switching 12VDC 10ADC 120Watt

SKU: S-120W-12

S/ 39.70

- 1 +

Agregar al carrito

🚨 Temporalmente sin stock

➡ Agregue para comparar ❤️ Agregue a mi lista

Garantía en nuestros productos
Envío a todo el Perú por Oliva Courier

Hi-Fi

Inicio Productos Contactenos CPE Instrumentos Iniciar sesión

Productos / Raspberry Pi 3 Model B+

Buscar...



Raspberry Pi 3 Model B+

SKU: RASPI3B+

S/ 235.00

1

Agregar al carrito

Temporálmente sin stock

Agregue para comparar Agregar a mi lista

Garantía en nuestros productos
Envío a todo el Perú por Oiva Curter.

UX IN TELEBRIS LU

MCMXVII

PROMART HOME CENTER

Buscar

Selecciona tu ubicación

Hola, cómo estás? Mi cuenta y pedidos

Todas las categorías

Solicita tu tarjeta oh! Ofertas especiales Lanzamientos Servicios Inspiración Venta empresa

Promart / Electricidad / Interruptores y Tomacorrientes / Enchufes



Conector Aereo 15A 125V L/T PVC Caucho

LEYTON | SKU: 120134

Regular S/ 16.00

Despacho 24 hrs

Calcula tus cuotas con Tarjeta oh!

1

Agregar

¡Pide tu Tarjeta oh! completamente online [¡Sólo en oh!](#)

Vendido y despachado por: Promart [Ver términos y condiciones](#)

Métodos de entrega

[Inicio de productos](#) > [Motores, solenoides, módulos/placas controladores](#) > [Motores - CA, CC](#) > [Pololu Corporation](#) 3864

[Compartir](#)



Para ver esta pieza en una representación animada, haga clic aquí. Para obtener más información sobre el estado de esta pieza, haga clic aquí.

4864

N.º de producto de Digi-Key	2183-4864-ND
Fabricante	Pololu Corporation
Número de pieza del fabricante	4864
Proveedor	Pololu Corporation
Descripción	GEARMOTOR 220 RPM 12V METAL
Descripción detallada	Con escobillas. Motores de DC Gearmotor 220 rpm - Incremental 12 VDC
Referencia del cliente	<input type="text" value="Referencia del cliente"/>
Hoja de datos	 Hoja de datos

12 en stock

MARKETPLACE PRODUCT
 Will ship in approximately 1 days by Pololu Corporation. Se puede aplicar una tarifa de envío separada.

CANTIDAD

[Agregar al carrito](#)

[Agregar a la lista](#)

Todos los precios se expresan en USD

2183-4864-ND

CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	PRECIO EXT.
1	\$34.95000	\$34.95

Atributos del producto

TIPO	DESCRIPCIÓN	SELECCIONAR
Categoría	Motores, solenoides, módulos/placas controladores	<input type="radio"/>
	Motores - CA, CC	<input checked="" type="radio"/>
Fabricante	Pololu Corporation	<input type="checkbox"/>
Serie	Pololu 25D Metal Gearmotors	<input type="checkbox"/>
Paquete		<input type="checkbox"/>
Estado de la pieza	Activo	<input type="checkbox"/>

[Inicio de productos](#) > [Placas de desarrollo, kits, programadores](#) > [Placas de evaluación](#) - [Placas de expansión, tarjetas dependientes](#) > [DFRobot](#) DFR0592

[Compartir](#)



Para ver esta pieza en una representación animada, haga clic aquí. Para obtener más información sobre el estado de esta pieza, haga clic aquí.



DFR0592

N.º de producto de Digi-Key	1738-DFR0592-ND
Fabricante	DFRobot
Número de pieza del fabricante	DFR0592
Proveedor	DFRobot
Descripción	DC MOTOR DRIVER HAT(V1.0)
Plazo estándar del fabricante	1 semana
Descripción detallada	TS6612FNG Controlador del motor/controlador Activación de alimentación Raspberry Pi Placa de expansión para evaluación de plataforma
Referencia del cliente	<input type="text" value="Referencia del cliente"/>
Hoja de datos	 Hoja de datos

15 en stock

Puede enviarse inmediatamente

CANTIDAD

[Agregar al carrito](#)

[Agregar a la lista](#)

Todos los precios se expresan en USD

Granel

CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	PRECIO EXT.
1	\$14.90000	\$14.90

Se pueden aplicar tarifas de importación a esta pieza si se envía a los Estados Unidos.

Atributos del producto

TIPO	DESCRIPCIÓN	SELECCIONAR
Categoría	Placas de desarrollo, kits, programadores	<input type="radio"/>
	Placas de evaluación - Placas de expansión, tarjetas dependientes	<input checked="" type="radio"/>
Fabricante	DFRobot	<input type="checkbox"/>



Para obtener más información, consulte el artículo de referencia del producto.

2676

N.º de producto de Digi-Key	2183-2676-ND
Fabricante	Pololu Corporation
Número de pieza del fabricante	2676
Proveedor	Pololu Corporation
Descripción	250 MM METÁL BRACKET PAIR
Referencia del cliente	<input type="text" value="Referencia del cliente"/>

[Hoja de datos](#)

873 en stock

MARKETPLACE PRODUCT
 Will ship in approximately 1 days by Pololu Corporation. Se puede solicitar una tarifa de envío separada.

CANTIDAD

Agregar al carrito

Agregar a la lista

Todos los precios se expresan en USD

Granel

CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	PRECIO EXT.
1	\$7.45000	\$7.45

Atributos del producto

TIPO	DESCRIPCIÓN	SELECCIONAR
Categoría	Piezas metálicas, piezas de sujeción, accesorios Hardware de movimiento y estructural	<input checked="" type="checkbox"/>
Fabricante	Pololu Corporation	<input type="checkbox"/>
Serie		<input type="checkbox"/>
Paquete	Granel	<input type="checkbox"/>
Estado de la pieza	Activo	<input type="checkbox"/>
Tipo	Soporte para montaje	<input type="checkbox"/>

PRESIDENTS DAY UP TO 45% OFF. View the Deals | Call 1-888-691-0598 or Click to Chat

[United States](#) | [For Business](#) | [Desktops & All-in-One PCs](#) | [Precision Fixed Workstations](#) | [Precision 7920 Tower Workstation](#) | [Precision 7920 Tower Workstation](#)

[Get to know Windows 11 Pro](#)

[Intel® Xeon® Scalable Processors](#)



Precision 7920 Tower Workstation

- Intel® Xeon® Gold 6230R (35.75 MB cache, 26 cores, 52 threads, 2.10 GHz to 4.00 GHz Turbo, 150 W)
- Windows 11 Pro for Workstations (6 cores plus), English, French, Spanish (Dell Technologies recommends Windows 11 Pro for business)
- NVIDIA® RTX™ A4000, 16 GB GDDR6, 4 DP
- 64 GB, 8 x 8 GB, DDR4, 2933 MHz, ECC
- M.2 512GB PCIe NVMe Class 40 Solid State Drive
- Precision 7920 Tower Chassis (BC_PClE) CL FMX

Estimated Value ~~\$8,865.20~~
\$6,159.00

Price Match Guarantee
 Dell Business Credit
 As low as \$185/mo.* | Apply for credit

Add to Cart

Anexo J. TABLA DE COSTOS

Tabla de costos de componentes eléctrico - electrónicos

Item	cantidad	Etiqueta/Características	Costo unitario	Costo Total
1	3 und	<u>Fuente de poder switching:</u> Tipo de conector: Bornes con tornillos. Voltaje de salida: 12VDC max. Potencia de salida: 60W max. Corriente de salida: 5 AMP. Frecuencia de salida: 50-60HZ. Entrada de voltaje: 100 - 240VAC	S/ 51.10	S/ 153.30
2	6 und	<u>Phinlion 6-SMD Canbus ligths</u> Voltaje: 12 Voltios Potencia en vatios: 1.7 vatios Intensidad: 500 lúmenes	\$8.00	\$48.00
3	2 und	<u>MÓDULO RELAY</u> Max canales: 4 c Voltaje de activación: 5VDC Voltaje de operación: 250VAC/30VDC Corriente de operación 10A	S/ 20.00	S/ 40.00
4	3 und	<u>Motor brushed</u> Diámetro: 25mm Potencia de trabajo: Bajo (LP) RPM: 280 Vin: 12VDC Max output Power: 0.9A Torque Maximo: 2.4 kg-cm5	\$34.95	\$104.85
5	3 und	<u>Motor bracket Pair</u> Soporte estándar para motores de 25 mm de diámetro.	\$7.45	\$22.35
6	2 und	<u>Motor Driver</u> Voltaje de operación: 7 – 12 V Modo de control: I2C Motor Driver Chip: TB6612FNG Voltaje de activación: 5V Max motor control: 2 und	\$14.90	\$29.80

Item	cantidad	Etiqueta/Características	Costo unitario	Costo Total
7	1 und	<u>I2C Shield for Raspberry</u> Adicionar: I2C de +5 V	\$11.95	\$11.95
8	1 und	<u>IM7600E-H 4G HAT</u> Fuente de alimentación: 5V Pines de control UART Velocidad de transferencia: 150 Mbps Admite kit SIM: SAT Clase 3	\$50.00	\$50.00
9	1 und	<u>Raspberry 3b+</u> RAM: 1GB LPDDR2 SDRAM CPU + GPU: Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53(ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz GPIO de 40 pines Fuente de alimentación micro-USB 12.5W/5V/2.5A	S/ 235.00	S/ 235.00
10	1 und	<u>Adaptador Raspberry</u> Voltaje de entrada: 100 a 240 VAC Voltaje de salida: 5VDC Corriente de salida: 2.5A	S/ 15.00	S/ 15.00
11	1 und	<u>Conector aéreo</u> Voltaje máximo: 220VAC Corriente máxima: 15A	S/ 16.90	S/ 16.90
12	1 und	<u>Fuente de poder switching:</u> Tipo de conector: Bornes con tornillos. Voltaje de salida: 12VDC max. Potencia de salida: 120W max. Corriente de salida: 10 AMP. Frecuencia de salida: 50-60HZ. Entrada de voltaje: 100 - 240VAC	S/ 39.70	S/ 39.70
Total, de componentes en s/.			S/ 499.99	S/ 499.99
Total, de componentes en \$			\$266.95	S/ 1024.82
Total, en s/.				S/ 1,524.72

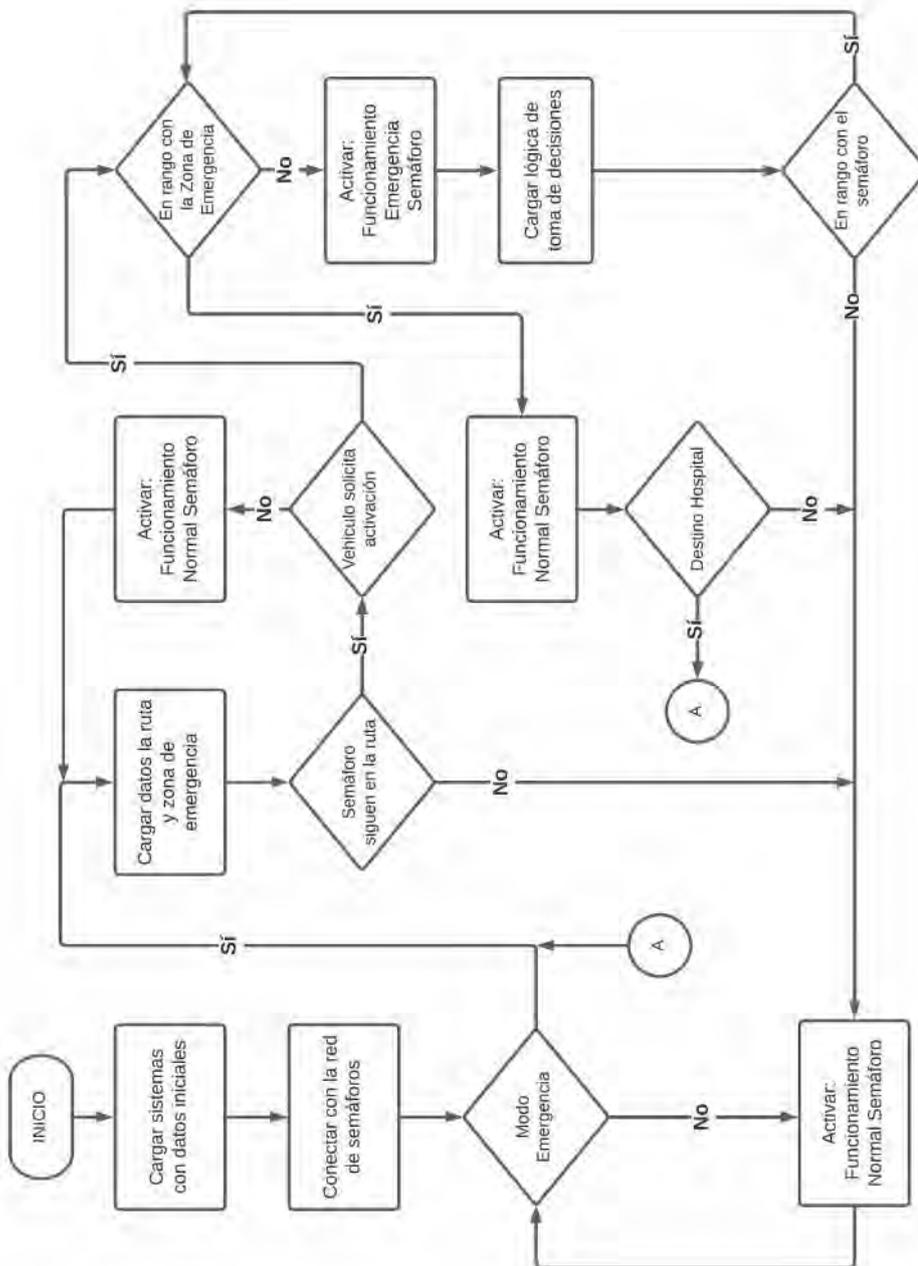
Tabla de costos de componentes mecánicos

Item	cantidad	Etiqueta/Características	Costo Total
1	-	<u>Policarbonato con UV:</u> Carcasas y componentes internos Proceso: Impresión 3D	S/ 350.00
2	1m	<u>Eje de transmisión</u> acero AISI / SAE 4140 Gran templabilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga. Proceso: Mecanizado	S/ 200.00
3	3m	<u>Barras de fijación</u> acero inoxidable AISI 316 Gran resistencia a la acción corrosiva a la atmósfera marina. Proceso: Mecanizado	S/ 100.00
4	3 und	<u>Tornillo sin fin y corona</u> Acero – Bronce Proceso: Mecanizado	S/ 200.00
5	6 und	<u>Rodamiento SKF</u> 7202 BEP	S/ 180.00
Monto Total			S/ 1,030.00

Tabla de costos de software

Item	Etiqueta/Características	Costo Total
1	<u>Desarrollo del software:</u> Costo: \$25 por hora Tiempo estimado: 120 horas	\$3000.00
2	<u>Desarrollo extra:</u> Mantenimientos preventivos: \$50 Escalamiento: \$150 por día	\$200.00
■ Este monto no suma al valor total de proyecto final		
Monto Total en \$		\$3000.00
Monto Total en s/.		S/ 11,517.00

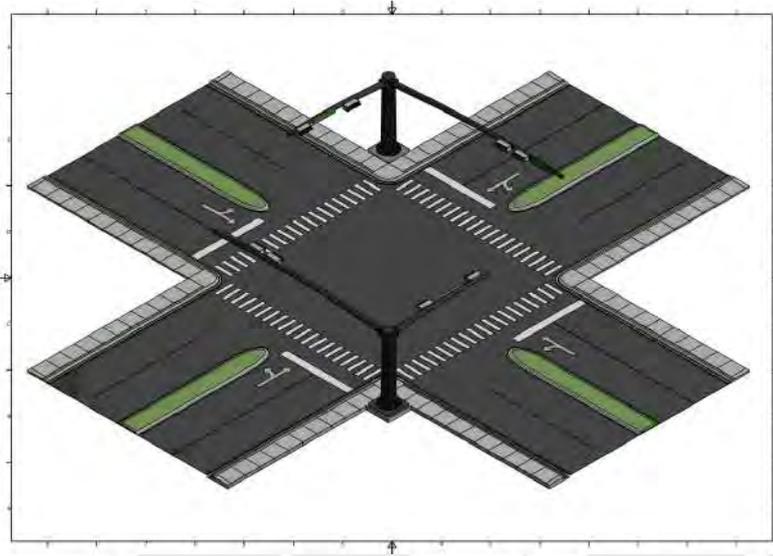
Anexo K. DIAGRAMA DE FLUJO - FUNCIONAMIENTO DEL SEMÁFORO



Fuente: Elaboración propia

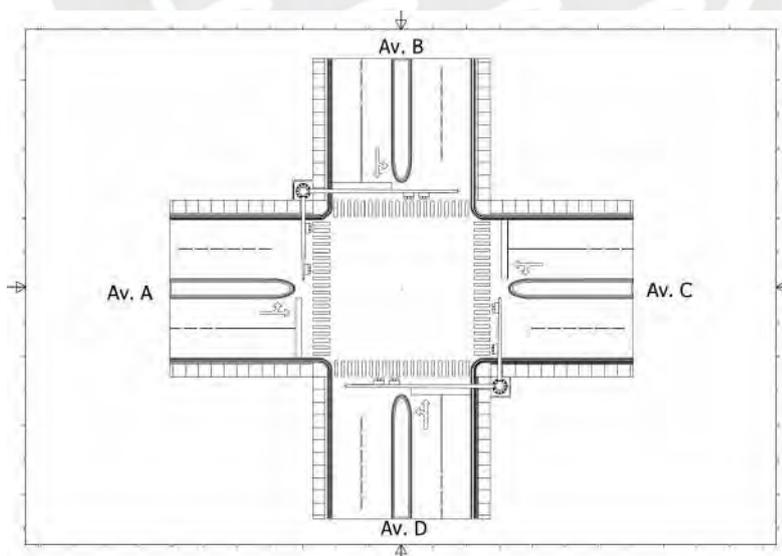
Anexo L. FUNCIONAMIENTO DE SEMÁFOROS EN MODO DE EMERGENCIA.

Cruce de calles - Vista Isométrica



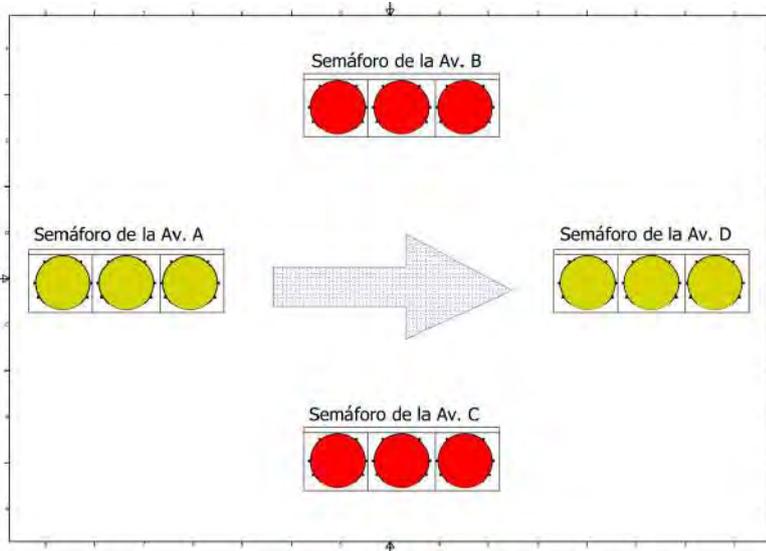
Fuente: Elaboración propia

Cruce de calles - Vista Planta



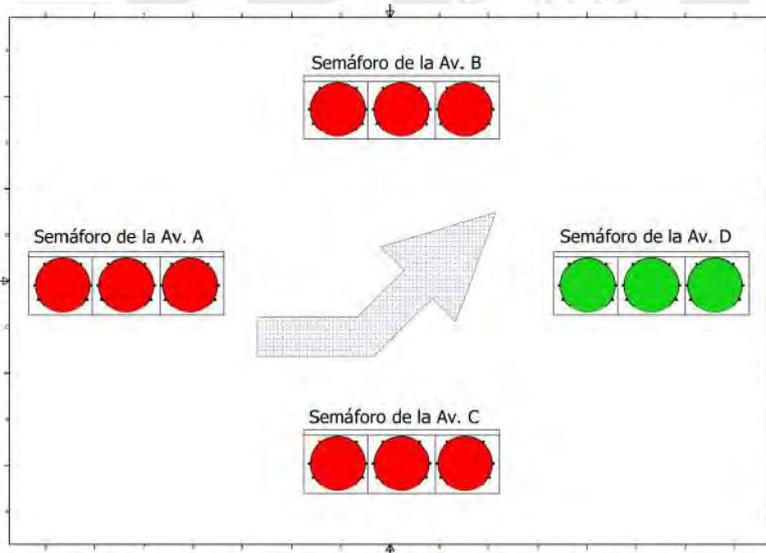
Fuente: Elaboración propia

Cruce de calles - Sentido N°1



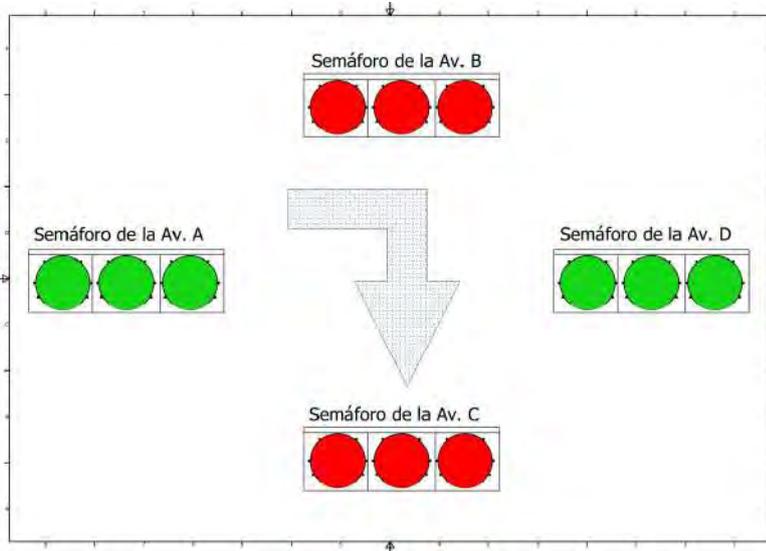
Fuente: Elaboración propia

Cruce de calles - Sentido N°2

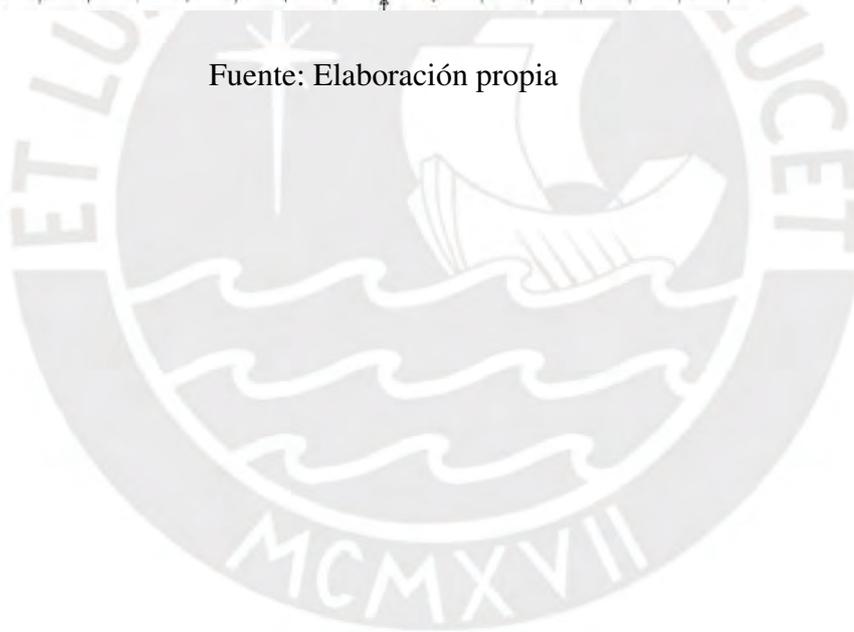


Fuente: Elaboración propia

Cruce de calles - Sentido N°3



Fuente: Elaboración propia

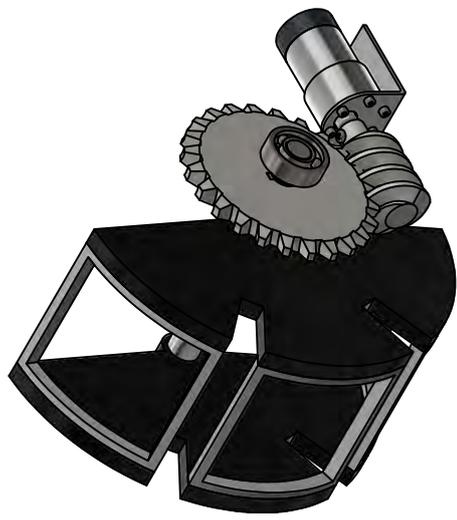
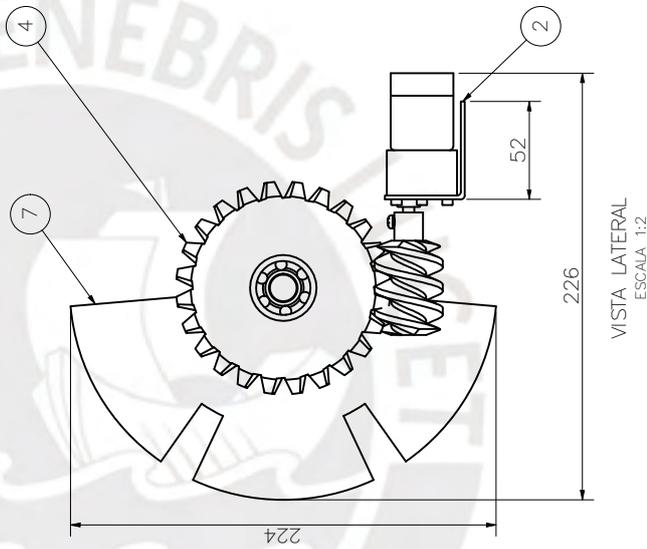
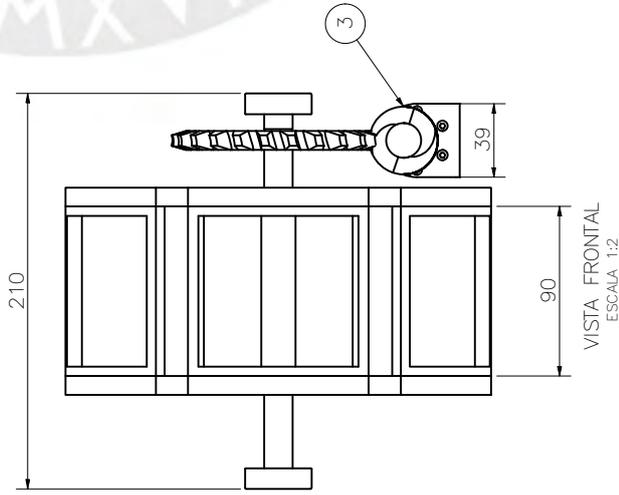
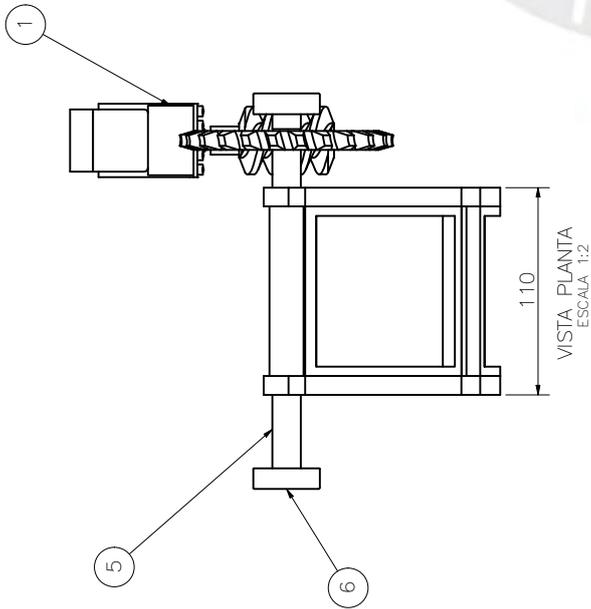


Anexo M. PLANOS

LISTA DE PLANOS

Código	Etiqueta	Referencia
PL-SS-ME-01	Mecanismo de giro	
PL-SS-ME-02	Mascara de cambio de color	Planos Sistema Semáforo Mecánicos
PL-SS-ME-03	Eje de giro	
PL-SS-EN-01	Semáforo	
PL-SS-EN-02	Cubierta interior	
PL-SS-EN-03	Cubierta posterior - superior	
PL-SS-EN-04	Bloque emisor de luz	
PL-SS-EN-05	Tapa frontal izquierda	Planos Sistema Semáforo Ensamblados
PL-SS-EN-06	Tapa frontal media	
PL-SS-EN-07	Tapa frontal derecha	
PL-SS-EN-08	Visor	
PL-SS-EN-09	Lente Transparente	
PL-SS-BL-01	Tapa derecha	
PL-SS-BL-02	Tapa izquierda	
PL-SS-BL-03	Tapa frontal	
PL-SS-BL-04	Tapa posterior	Planos Sistema Semáforo Bloques
PL-SS-BL-05	Tapa inferior	
PL-SS-BL-06	Barra de soporte luces	
PL-SS-BL-07	Soporte de luces	
PL-SS-BL-08	Fijador de soporte	

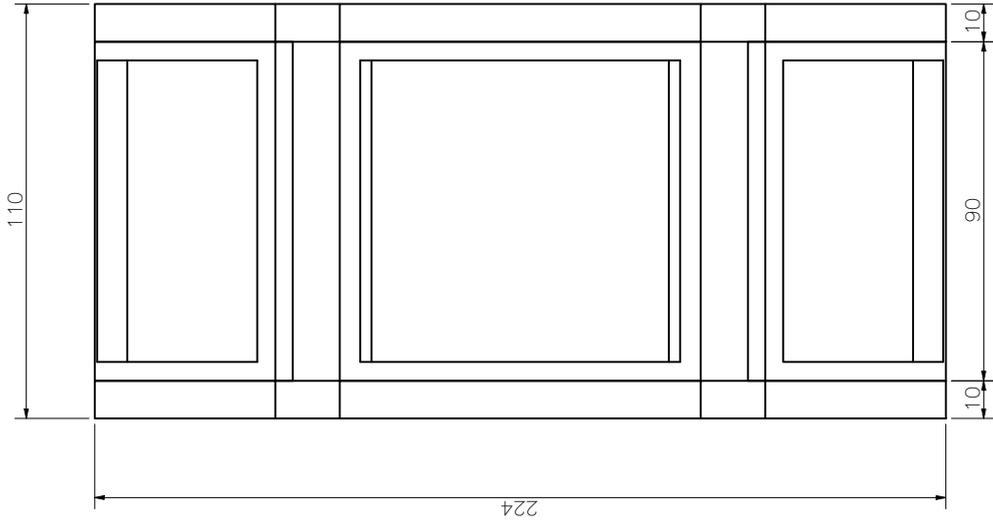
Fuente: Elaboración Propia



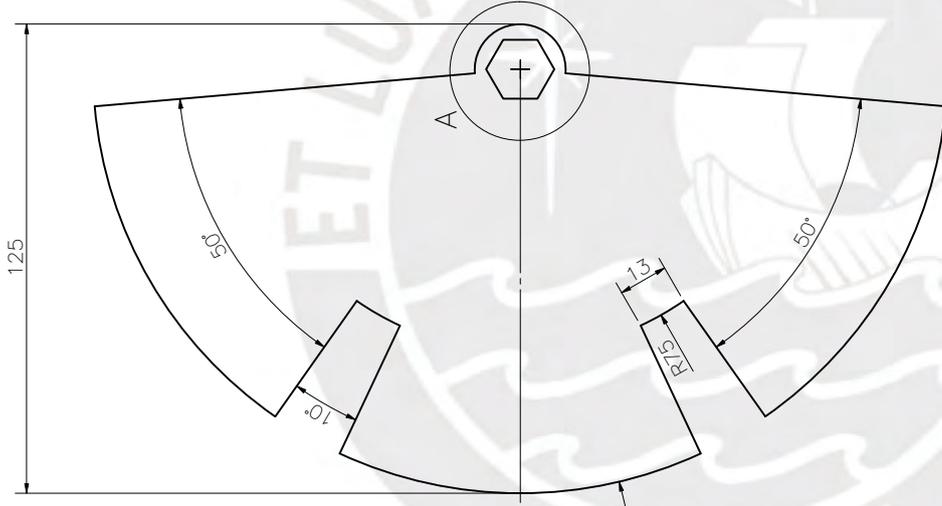
ISOMÉTRICO DE ENSAMBLE

Lista de Componentes				
ITEM	Unid.	Descripción	Material	Código/Observaciones
1	1	Motor DC 12V		Pololu / 25D Gearmotor
2	1	Soporte Motor DC		Pololu / 25D Bracket
3	1	Tornillo sin fin	Acero inoxidable	
4	1	Carona	Bronce	
5	1	Eje de giro	AlSi/SAE 4140	PL-SS-ME-03
6	2	Rodamiento SKF 7202	Acero	SKF / 7202 BEP
7	1	Mascara de cambio de color	ABS	PL-SS-ME-02
ACABADO		TOLERANCIA		MATERIAL
		MEDIA - SEGUN ISO 2786-1		-
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ				
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA				
TRABAJO DE FIN DE CARRERA				
MÉTODO DE PROTECCIÓN		MECANISMO DE GIRO		ESCALA
				1:2
20132783		GALLARDAY OTTIZIANO, PAVEL SAMIR		FECHA: 2021.12
				LÁMINA: PL-SS-ME-01

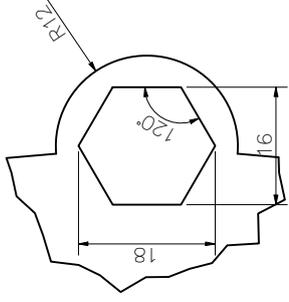
TOLERANCIAS DIMENSIONALES				
SEGUN ISO 2768-1				
GRADO DE EXACTITUD	Más de 30 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3
				±0,5



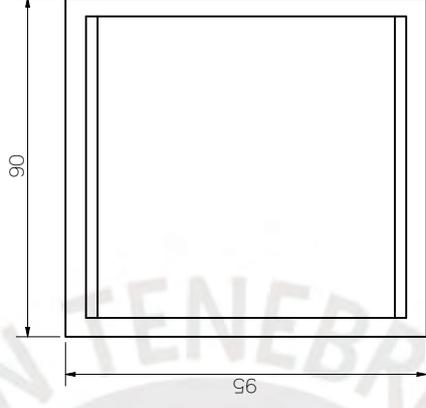
VISTA FRONTAL
MECANISMO COMPLETO
ESCALA 1:1



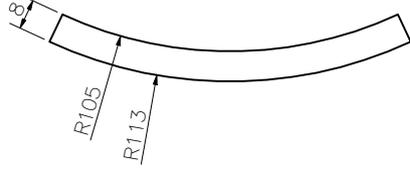
VISTA LATERAL
TAPAS DE SOPORTE
ESCALA 1:1



DETALLE A (ESCALA 2:1)



VISTA FRONTAL
SOPORTE LAMINA DE
COLORES
ESCALA 1:1



VISTA LATERAL
SOPORTE LAMINA DE
COLORES
ESCALA 1:1



ISOMETRICO DE
ENSAMBLE

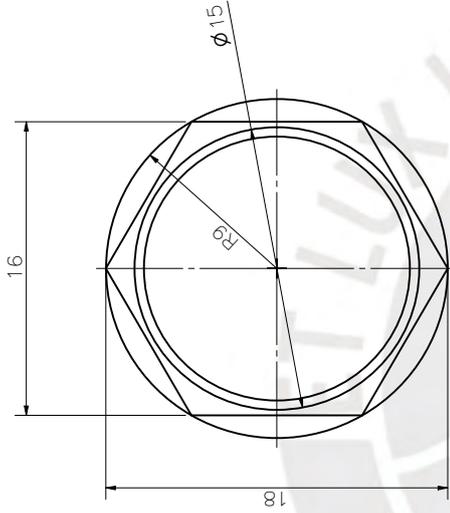
TOLERANCIAS DIMENSIONALES			
SEGÚN ISO 2768-1			
GRADO DE EXACTITUD	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 400
MEDIO	±0.1	±0.2	±0.3
	±0.1	±0.2	±0.5

NOTA:
1.- LOS ELEMENTOS SON UNIDOS MEDIANTE PEGAMENTOS ESPECIALES PARA PLÁSTICOS
2.- LOS SOPORTES DE LAMINAS Y LAS LAMINAS DEL COLOR, SE UNEN MEDIANTE PEGAMENTO

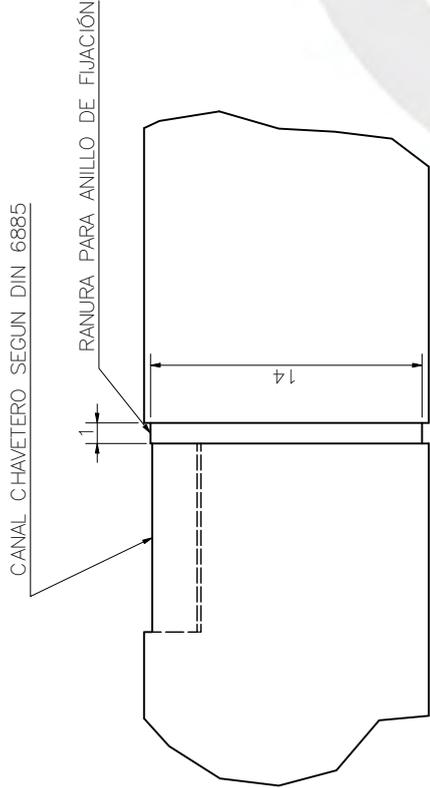
ACABADO	TOLERANCIA	MATERIAL
	MEDIA - SEGÚN ISO 2768-1	PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA TRABAJO DE FIN DE CARRERA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	MÁSCARA DE CAMBIO DE COLOR	ESCALA
		1:1
20132783	GALLARDAY OTTIZIANO, PAVEL SAMIR	FEC HA: 2021.12
		LAMINA: PL-SS-ME-02



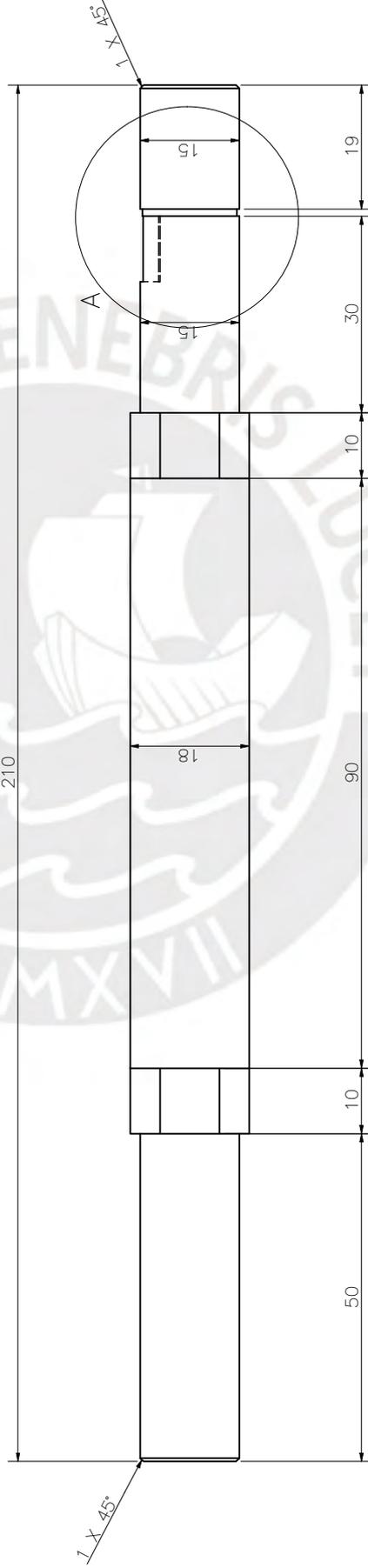
ISOMÉTRICO



VISTA FRONTAL
ESCALA 5:1



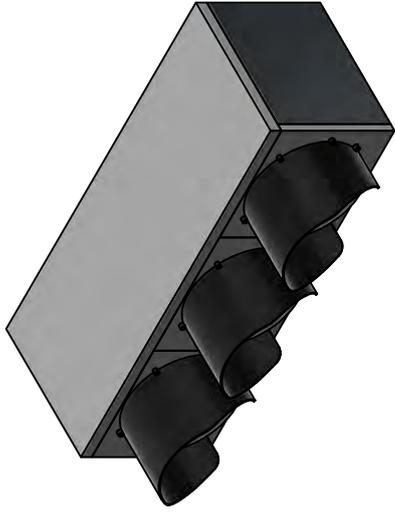
DETALLE A
(5 : 1)



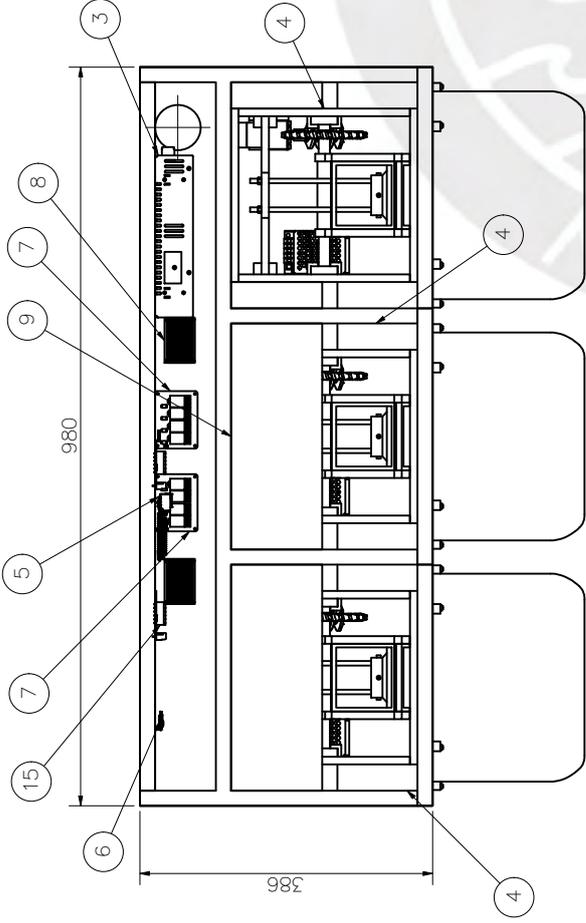
VISTA LATERAL
ESCALA 2:1

TOLERANCIAS DIMENSIONALES			
SEGUN ISO 2768-1			
GRADO DE EXACTITUD	Medio de hasta 3	Medio de hasta 6	Medio de hasta 30
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2
	±0,1	±0,2	±0,3
	±0,1	±0,2	±0,5

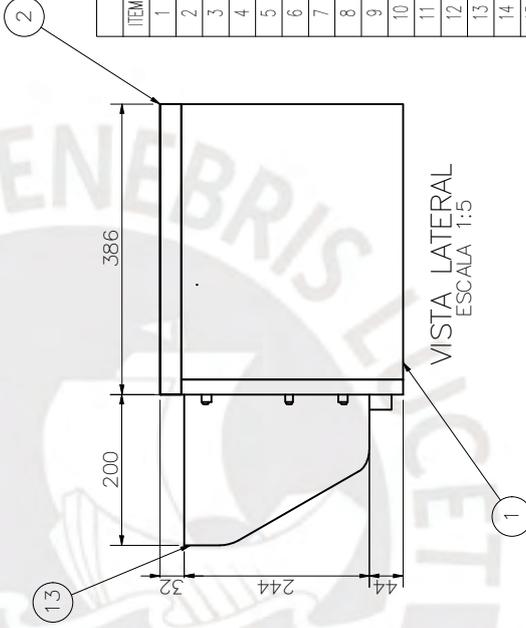
ACABADO	TOLERANCIA	MATERIAL
\sqrt{A}	MEDIA - SEGUN ISO 2768-1	AISI/SAE 4140
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA TRABAJO DE FIN DE CARRERA		
METODO DE PROYECCION	EJE DE GIRO	ESCALA
		2:1
20132783	GALLARDAY OTTIZIANO, PAVEL SAMIR	FECH: 2021.12
		LAMINA: PL-SS-ME-03



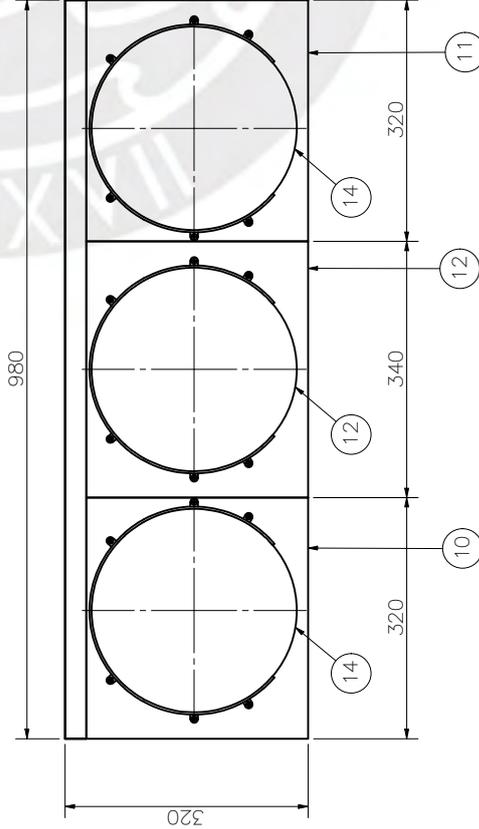
ISOMÉTRICO DE ENSAMBLE



VISTA SUPERIOR
ESCALA 1:5



VISTA LATERAL
ESCALA 1:5



VISTA FRONTAL
ESCALA 1:5

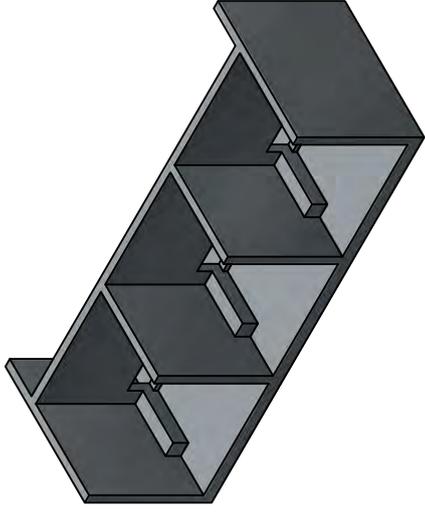
Lista de Componentes			
ITEM	Unid.	Descripción	Código/Observaciones
1	1	Cubierta inferior	PL-SS-EN-02
2	1	Cubierta posterior y superior	PL-SS-EN-03
3	1	Fuente 12V 15A	VULCANO / 112043
4	3	Bloque emisor de luz	PL-SS-EN-04
5	1	Microprocesador	Raspberry Pi 3B+
6	1	Módulo de comunicación	IM7600E-H 4G
7	2	Módulo rele	Single Relay / SRD-105VDC-SL-C
8	2	Placa impresa	40mmx80mm
9	3	Placa de ajuste	Policarbonato
10	1	Tapa Frontal izquierda	PL-SS-EN-05*
11	1	Tapa Frontal media	PL-SS-EN-06
12	1	Tapa Frontal Derecha	PL-SS-EN-07*
13	3	Visor	PL-SS-EN-08
14	3	Lente transparente	PL-SS-EN-09
15	2	Driver Motor	DFR0301/DFR0392

ACABADO	TOLERANCIA	MATERIAL
	MEDIA - SEGÚN ISO 2786-1	POLICARBONATO

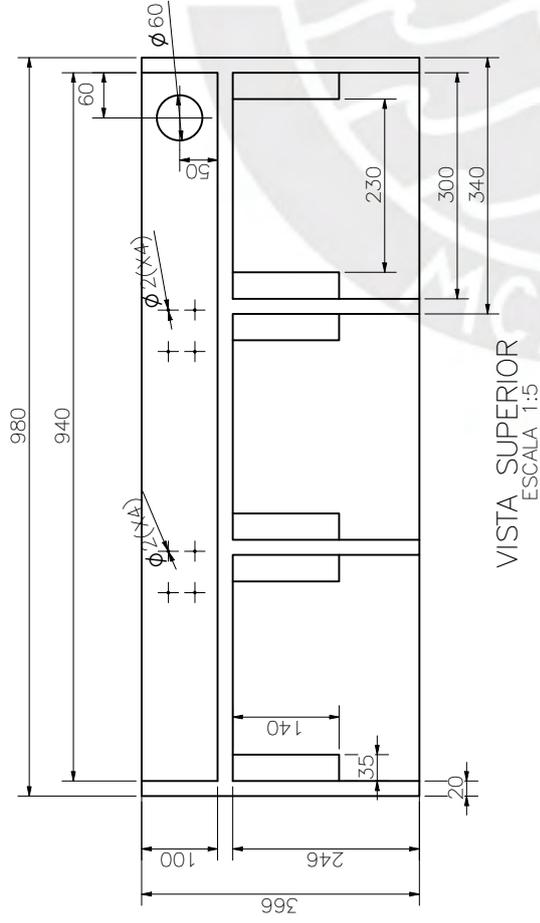
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ	
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA	
TRABAJO DE FIN DE CARRERA	
MÉTODO DE PROYECCIÓN	ESCALA
	1:5
20132783	GALLARDAY OTTIZIANO, PAVEL SAMIR
	FEC-HA: 2021.12
	LAMINA: PL-SS-EN-01

TOLERANCIAS DIMENSIONALES			
SEGÚN ISO 2768-1			
GRADO DE EXACTITUD	Más de 125	entre 30 y 125	Más de 400
	hasta 6	hasta 30	hasta 400
MEDIO	±0.1	±0.2	±0.3
			±0.5

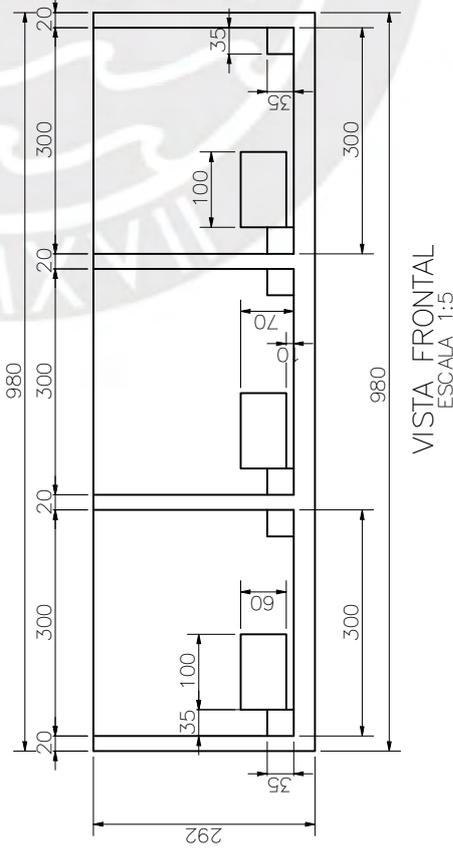
NOTA:
1.- LAS TAPA FRONTAL IZQUIERDA (PL-SS-EN-05) Y TAPA FRONTAL DERECHA (PL-SS-EN-07) SON GEOMETRICAMENTE IGUALES, PERO OPUESTOS EN SU INSTALACIÓN.



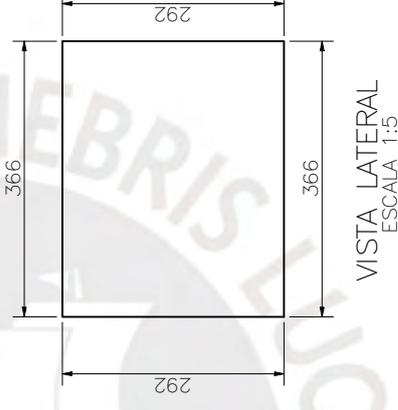
ISOMÉTRICO



VISTA SUPERIOR
ESCALA 1:5



VISTA FRONTAL
ESCALA 1:5

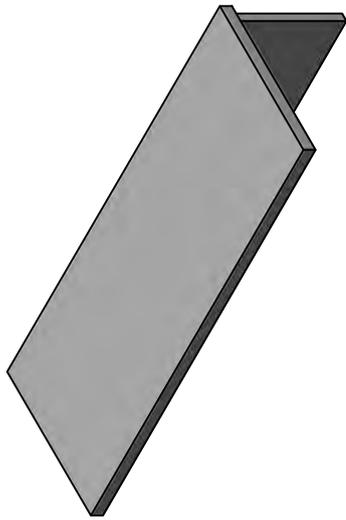
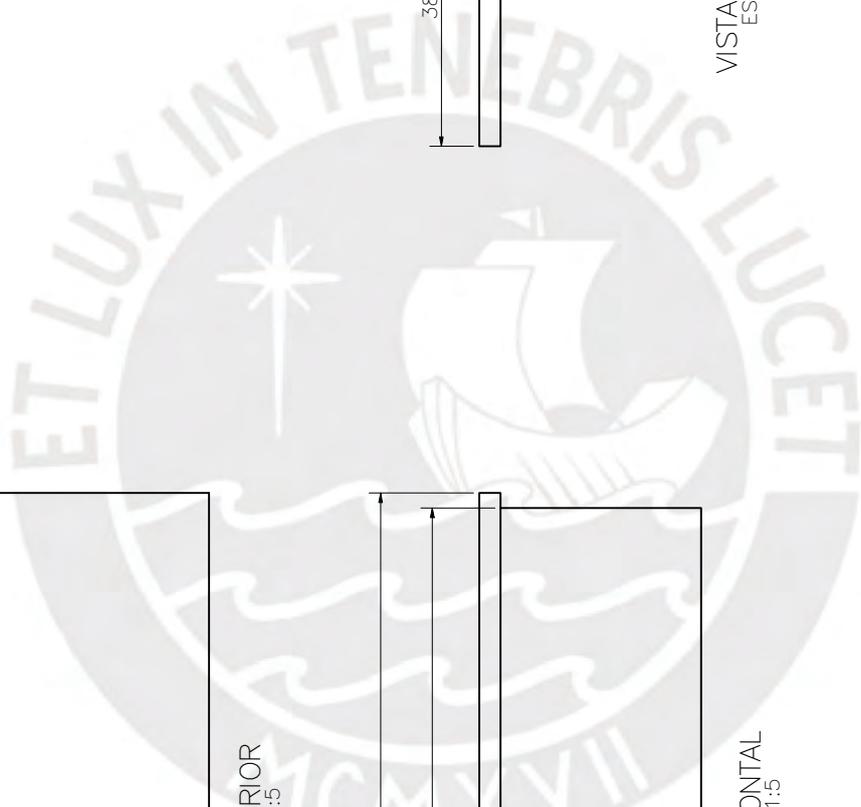


VISTA LATERAL
ESCALA 1:5

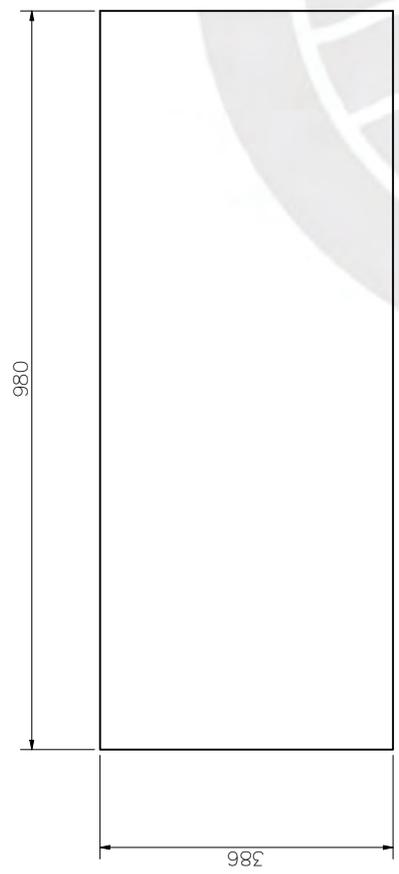
TOLERANCIAS DIMENSIONALES			
SEGÚN ISO 2768-1			
GRADO DE EXACTITUD	Más de hasta	Más de hasta	Más de hasta
MEDIO	±0.1	±0.1	±0.3
	±0.1	±0.2	±0.5

NOTA:
1.- LOS AGUJEROS DE DIÁMETROS 2 Y 3 mm, TIENE UNA POSICIÓN RELATIVA, YA QUE SU FUNCIÓN ES PERMITIR QUE LOS COMPONENTES PUEDAN SER FIJADOS

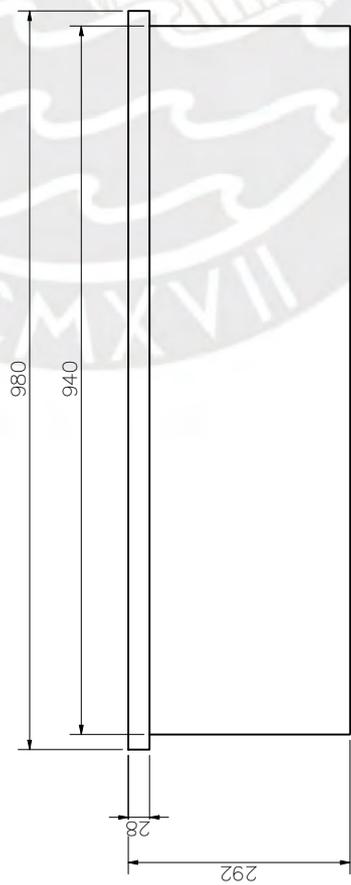
ACABADO	TOLERANCIA	MATERIAL
	MEDIA - SEGÚN ISO 2768-1	POLICARBONATO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA TRABAJO DE FIN DE CARRERA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	CUBIERTA INFERIOR	ESCALA
		1:5
20132783	GALLARDAY OTTIZIANO, PAVEL SAMIR	FEC HA: 2021.12
		LAMINA: PL-SS-EN-02



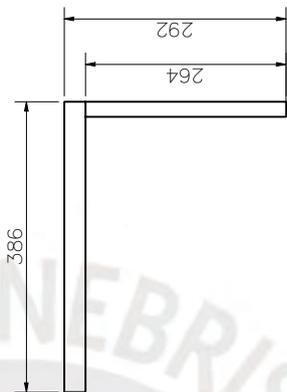
ISOMÉTRICO



VISTA SUPERIOR
ESCALA 1:5



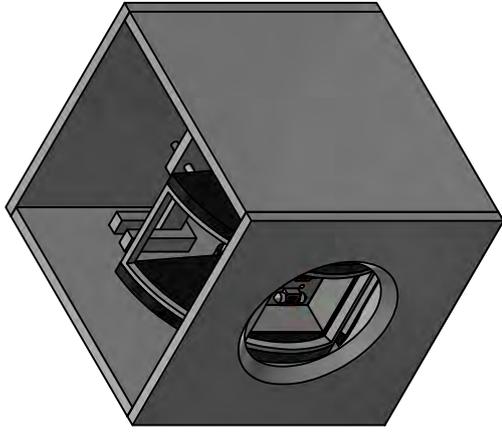
VISTA FRONTAL
ESCALA 1:5



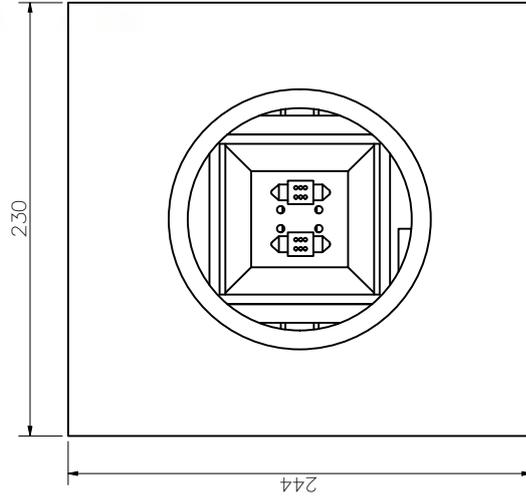
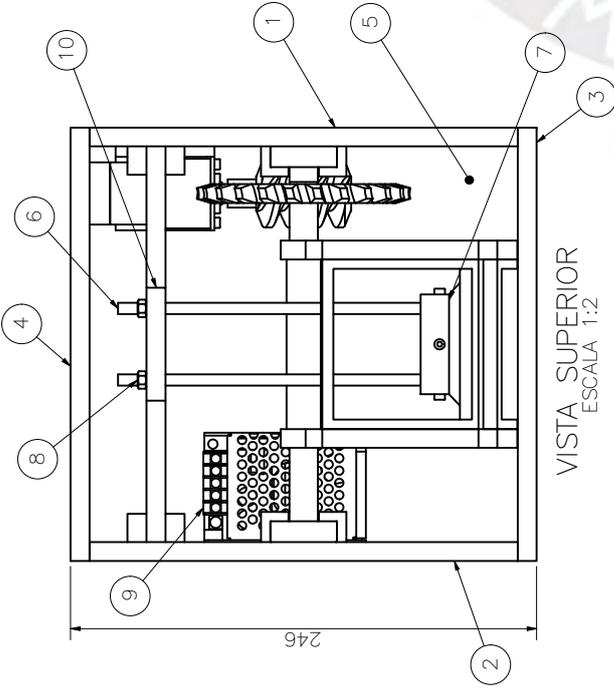
VISTA LATERAL
ESCALA 1:5

TOLERANCIAS DIMENSIONALES			
SEGÚN ISO 2768-1			
GRADO DE EXACTITUD	Medio de fabricación hasta 3	Medio de fabricación hasta 6	Medio de fabricación hasta 120
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,3
			±0,5

ACABADO	TOLERANCIA	MATERIAL
	MEDIA - SEGÚN ISO 2768-1	POLICARBONATO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA		
TRABAJO DE FIN DE CARRERA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	CUBIERTA	ESCALA
	POSTERIOR - SUPERIOR	1:5
20132783	GALLARDAY OTIMIANO, PAVEL SAMIR	FECH: 2021.12
		LÁMINA: PL-SS-EN-03

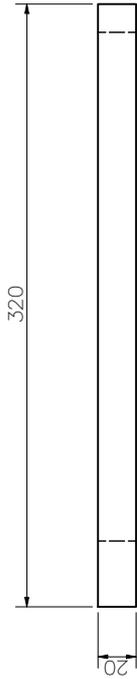


ISOMÉTRICO DE ENSAMBLE

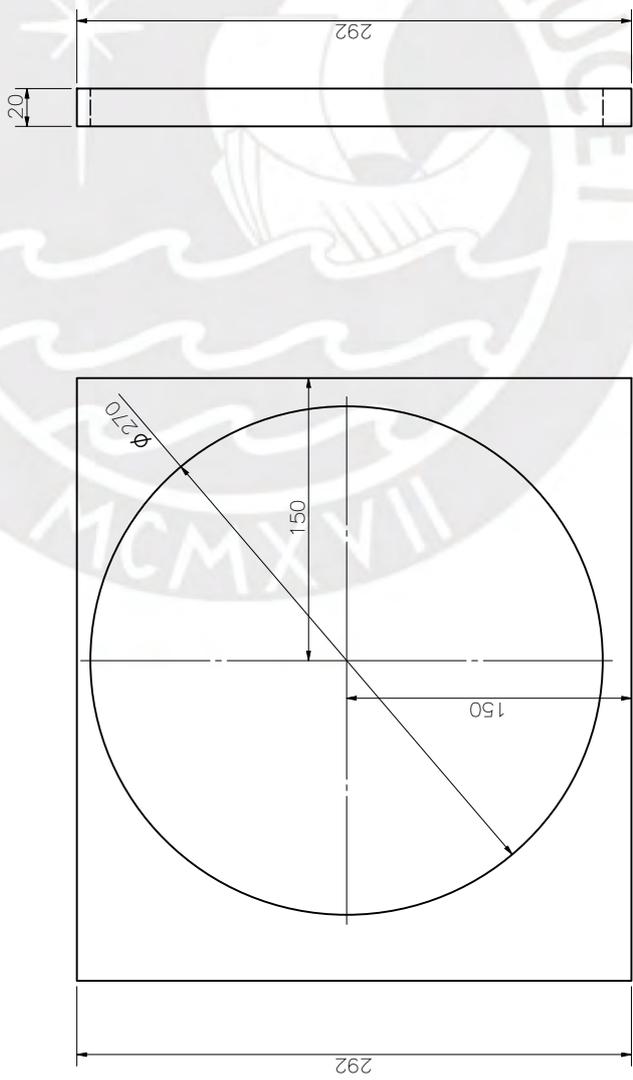


Lista de Componentes			
ITEM/Unid.	Descripción	Material	Código/Observaciones
1 1	Tapo Derecha	Plastico ABS	PL-SS-BL-01
2 1	Tapo Izquierdo	Plastico ABS	PL-SS-BL-02
3 1	Tapo Frontal	Plastico ABS	PL-SS-BL-03
4 1	Tapo Posterior	Plastico ABS	PL-SS-BL-04
5 1	Tapo Inferior	Plastico ABS	PL-SS-BL-05
6 4	Barra de soporte luces	Metal	PL-SS-BL-06
7 1	Soporte de luces	Plastico ABS	PL-SS-BL-07
8 4	Tuerca ISO 4032 - M6	Acero inoxidable	
9 1	Fuente T2V 5A		VULCANO / 112045
10 1	Fijador de soportes	Plastico ABS	PL-SS-BL-08

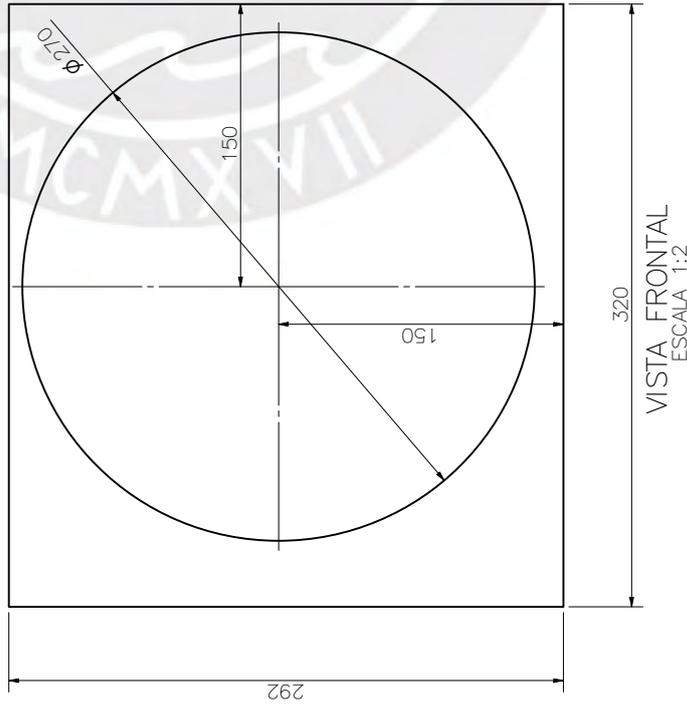
ACABADO	TOLERANCIA	MATERIAL
	-	POLICARBONATO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA TRABAJO DE FIN DE CARRERA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN		BLOQUE EMISOR DE LUZ
ESCALA		1:2
20132783		GALLARDAY OTTIZIANO, PAVEL SAMIR
		FEC-HA: 2021.12
		LAMINA: PL-SS-EN-04



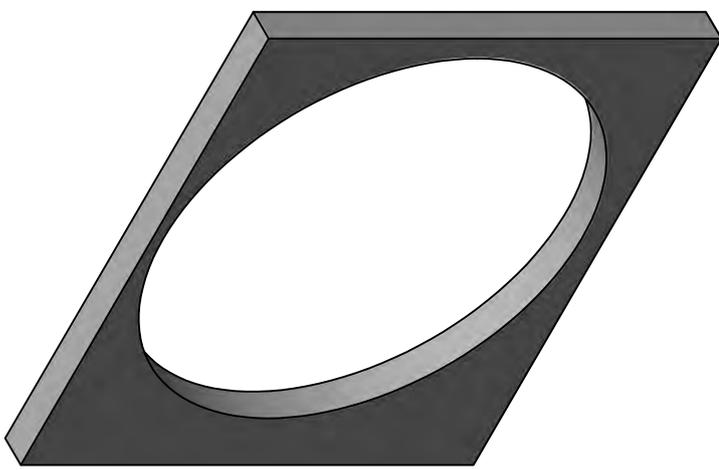
VISTA SUPERIOR
ESCALA 1:2



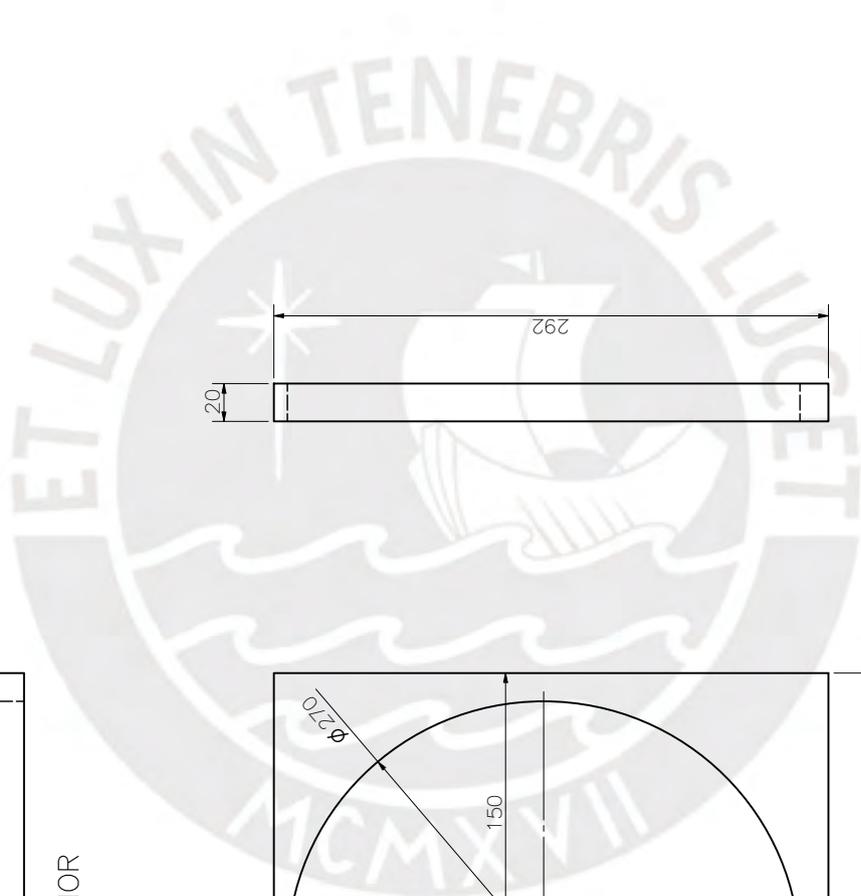
VISTA LATERAL
ESCALA 1:2



VISTA FRONTAL
ESCALA 1:2

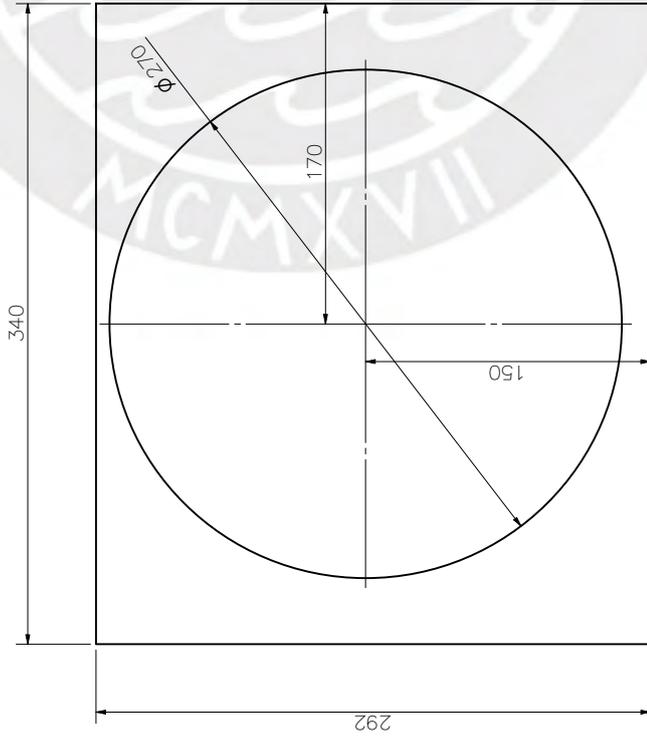


ISOMÉTRICO

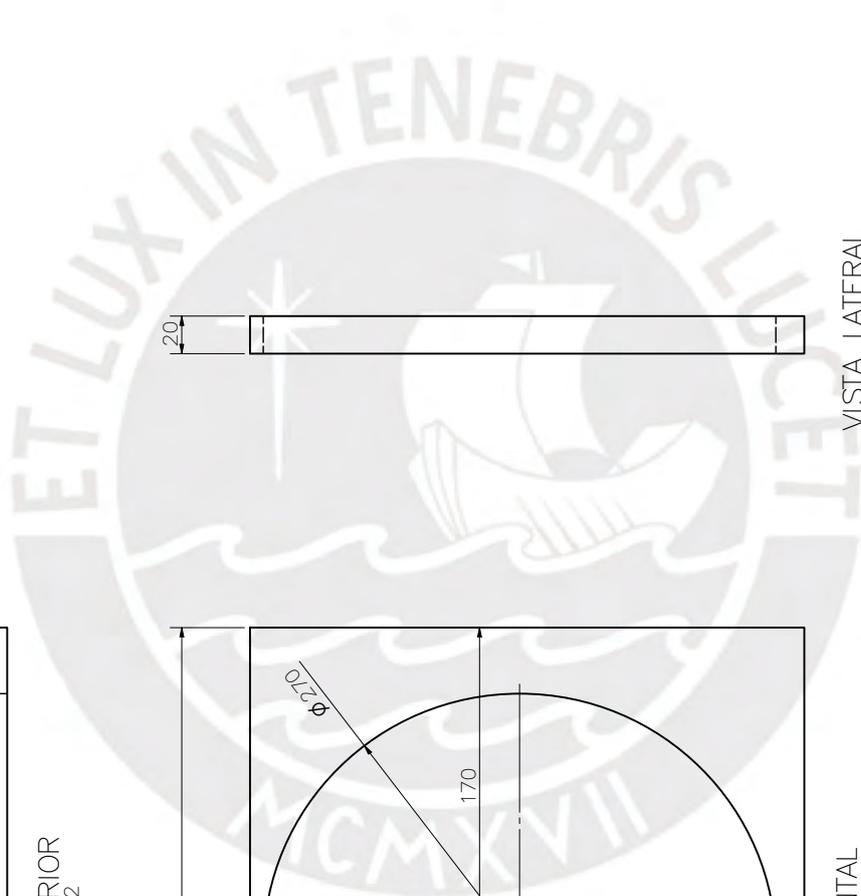
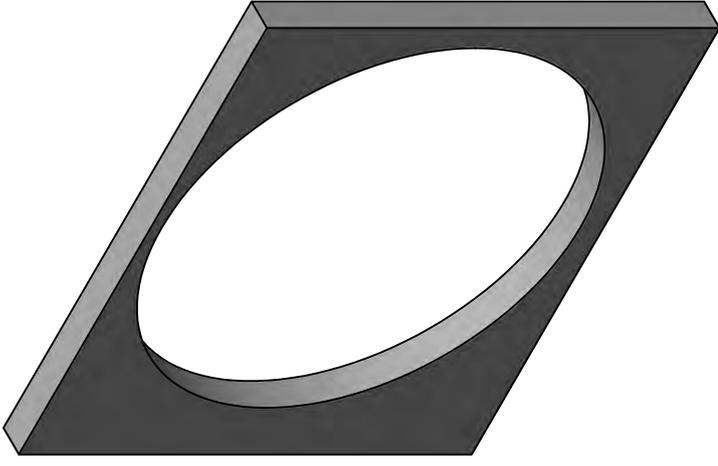


ACABADO	TOLERANCIA	MATERIAL
	MEDIA - SEGÚN ISO 2768-1	POLICARBONATO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA TRABAJO DE FIN DE CARRERA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TAPA FRONTAL IZQUIERDA	ESCALA 1:2
20132783	GALLARDAY OTTIZIANO, PAVEL SAMIR	FECHA: 2021.12
		LÁMINA: PL-SS-EN-05

TOLERANCIAS DIMENSIONALES			
SEGÚN ISO 2768-1			
GRADO DE EXACTITUD	Más de hasta	Más de hasta	Más de hasta
MEDIO	±0.1	±0.1	±0.3
	±0.1	±0.2	±0.5
	±0.1	±0.2	±0.5
	±0.1	±0.2	±0.5

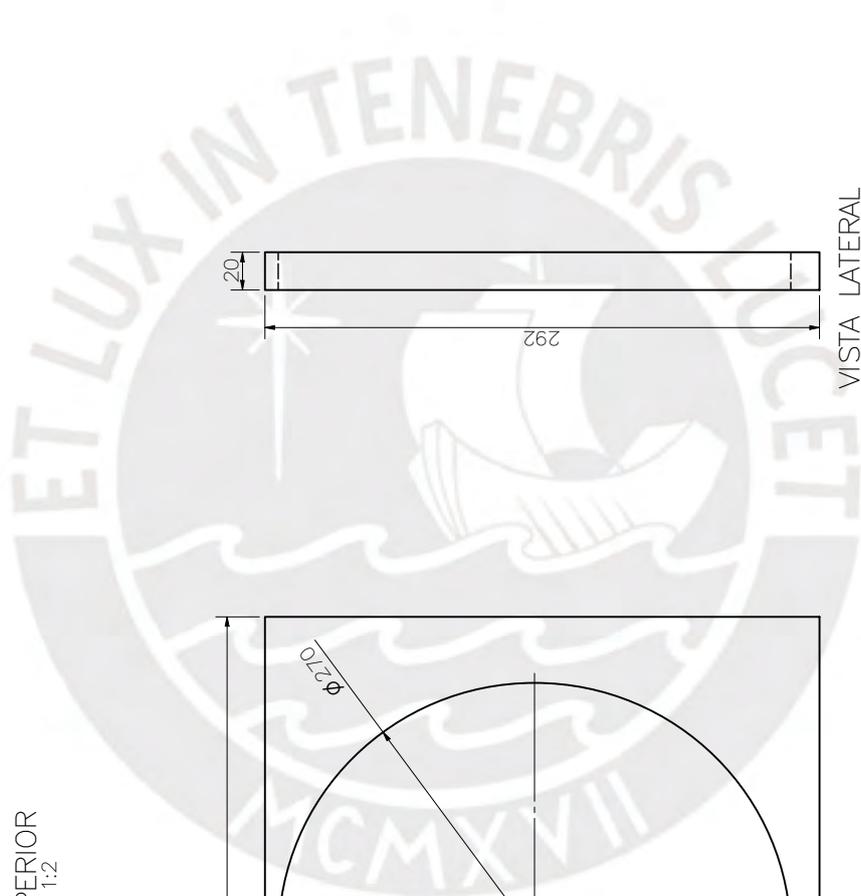
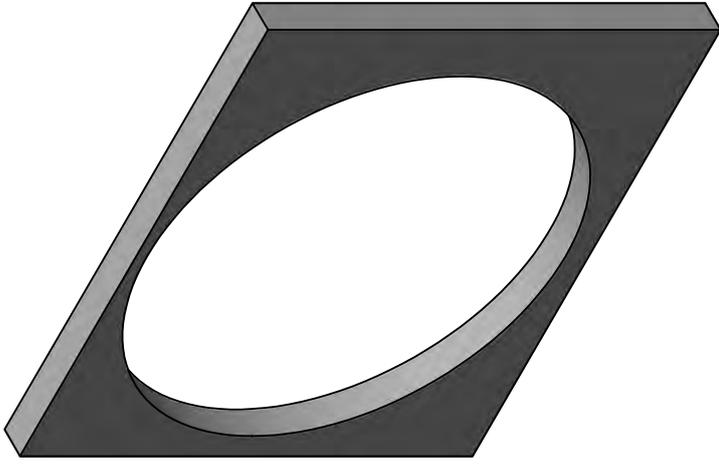
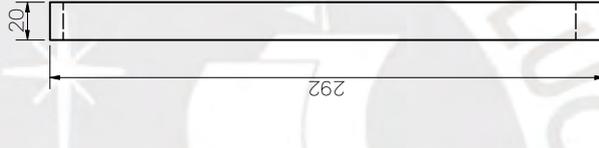
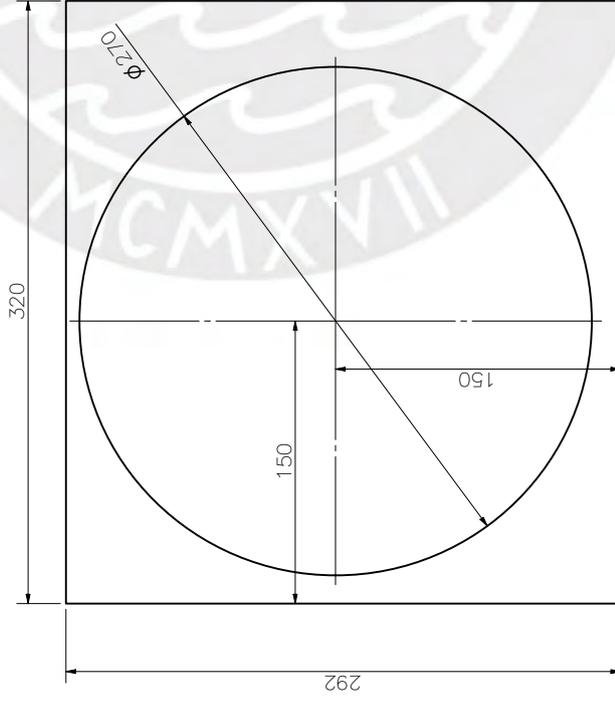


ISOMÉTRICO



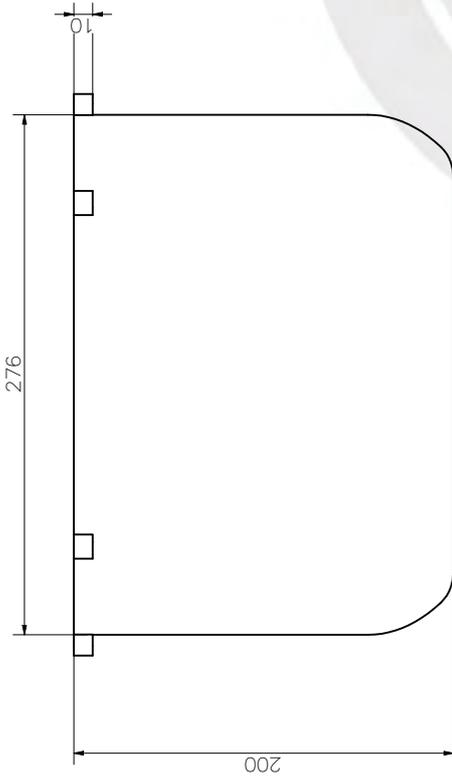
TOLERANCIAS DIMENSIONALES			
SEGÚN ISO 2768-1			
GRADO DE EXACTITUD	Más de 30 hasta 6	Más de 30 hasta 6	Más de 120 hasta 400
MEDIO	±0.1	±0.1	±0.3
			±0.5

ACABADO	TOLERANCIA	MATERIAL
	MEDIA - SEGÚN ISO 2768-1	POLICARBONATO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA TRABAJO DE FIN DE CARRERA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TAPA FRONTAL MEDIA	ESCALA
		1:2
20132783	GALLARDAY OTTIZIANO, PAVEL SAMIR	FECHA: 2021.12
		LÁMINA: PL-SS-EN-06

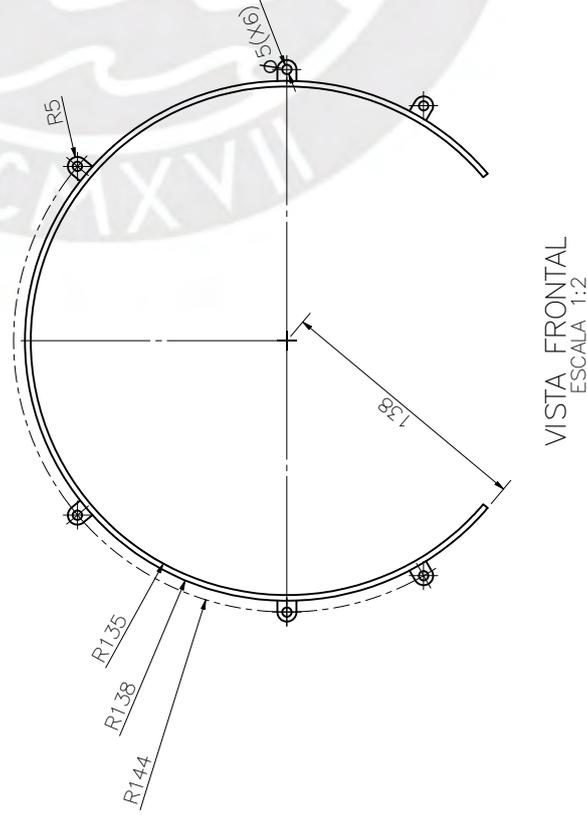
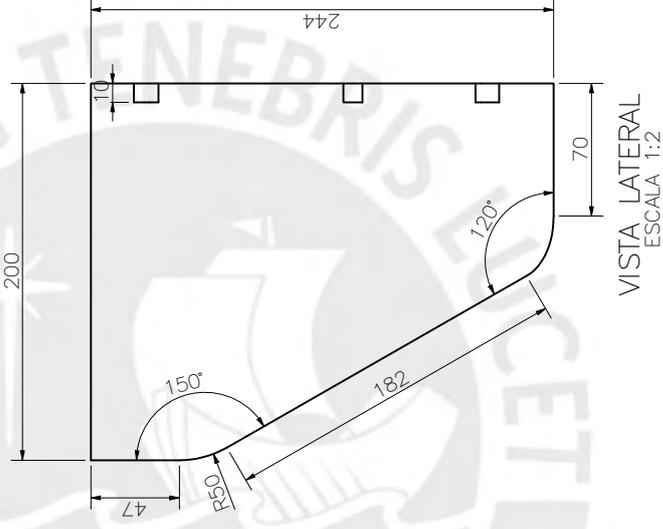


TOLERANCIAS DIMENSIONALES			
SEGÚN ISO 2768-1			
GRADO DE EXACTITUD	Más de 30 hasta 6	Más de 30 hasta 6	Más de 120 hasta 400
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,3
	±0,1	±0,2	±0,5

ACABADO	TOLERANCIA	MATERIAL
	MEDIA - SEGÚN ISO 2768-1	POLICARBONATO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA		
TRABAJO DE FIN DE CARRERA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TAPA FRONTAL	ESCALA
	DERECHO	1:2
20132783	GALLARDAY OTTIZIANO, PAVEL SAMIR	FECHA: 2021.12
		LÁMINA: PL-SS-EN-07

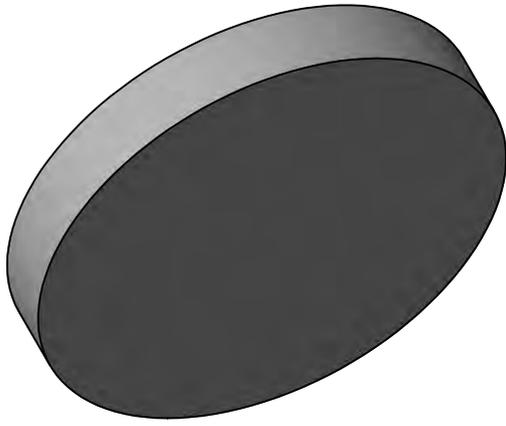


ISOMÉTRICO

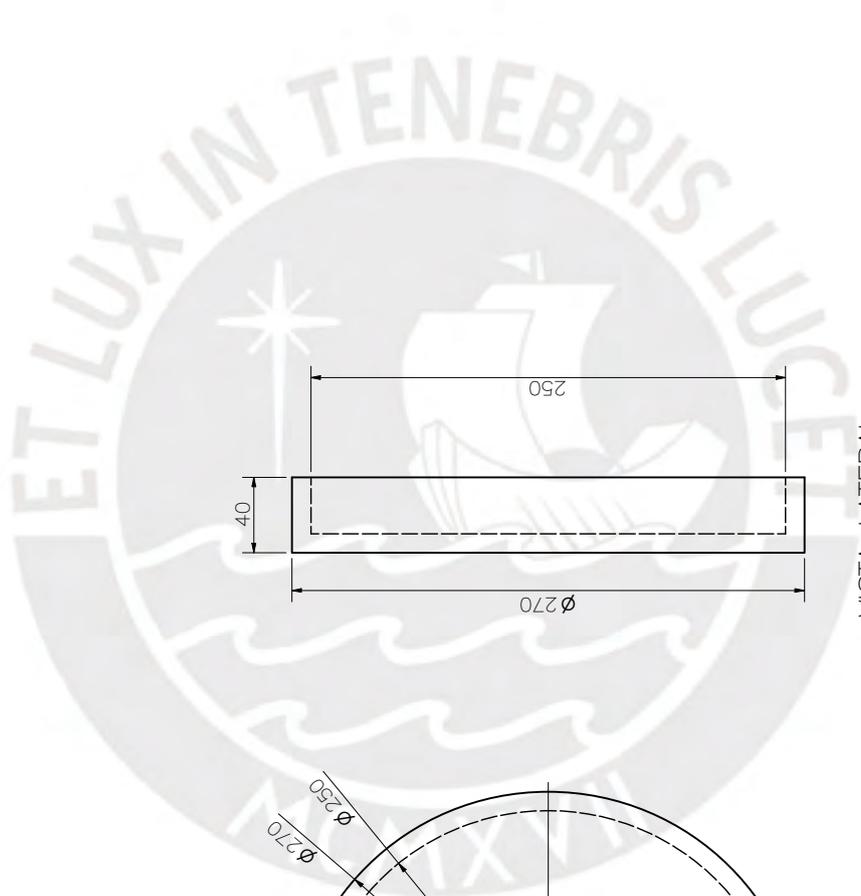
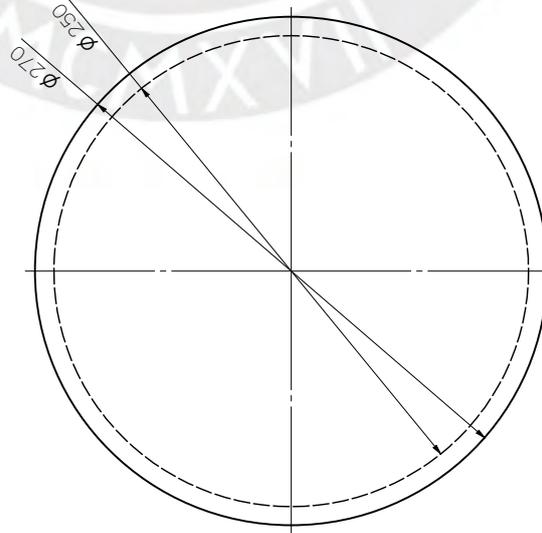
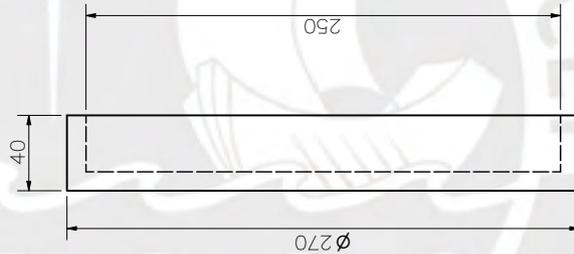
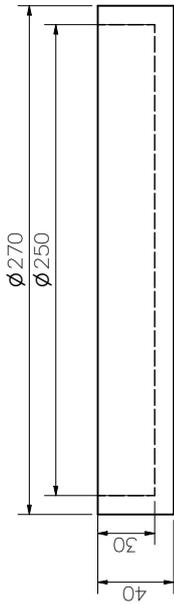


ACABADO	TOLERANCIA	MATERIAL
	MEDIA - SEGÚN ISO 2768-1	POLICARBONATO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA TRABAJO DE FIN DE CARRERA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	VISOR	ESCALA
		1:2
20132783	GALLARDAY OTTIZIANO, PAVEL SAMIR	FECHA: 2021.12
		LÁMINA: SS-PL-EN-08

TOLERANCIAS DIMENSIONALES			
SEGÚN ISO 2768-1			
GRADO DE EXACTITUD	Más de 30 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 400
MEDIO	±0.1	±0.2	±0.3
	±0.1	±0.2	±0.5

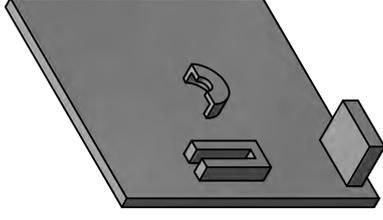
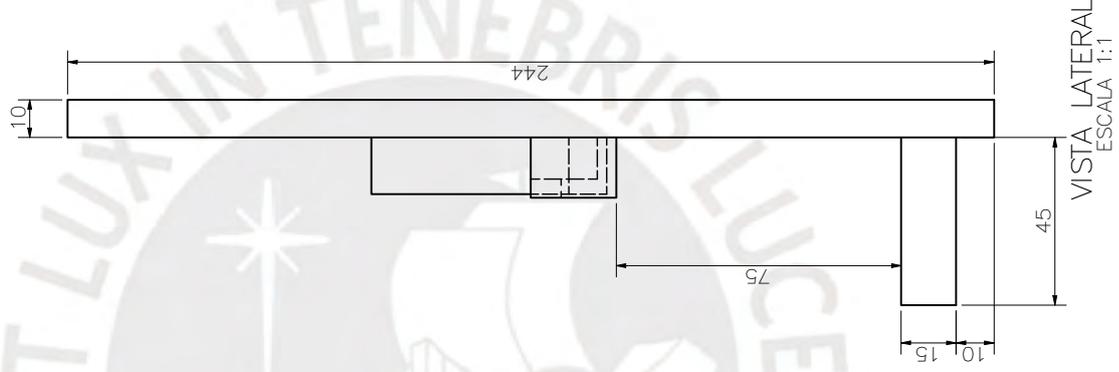
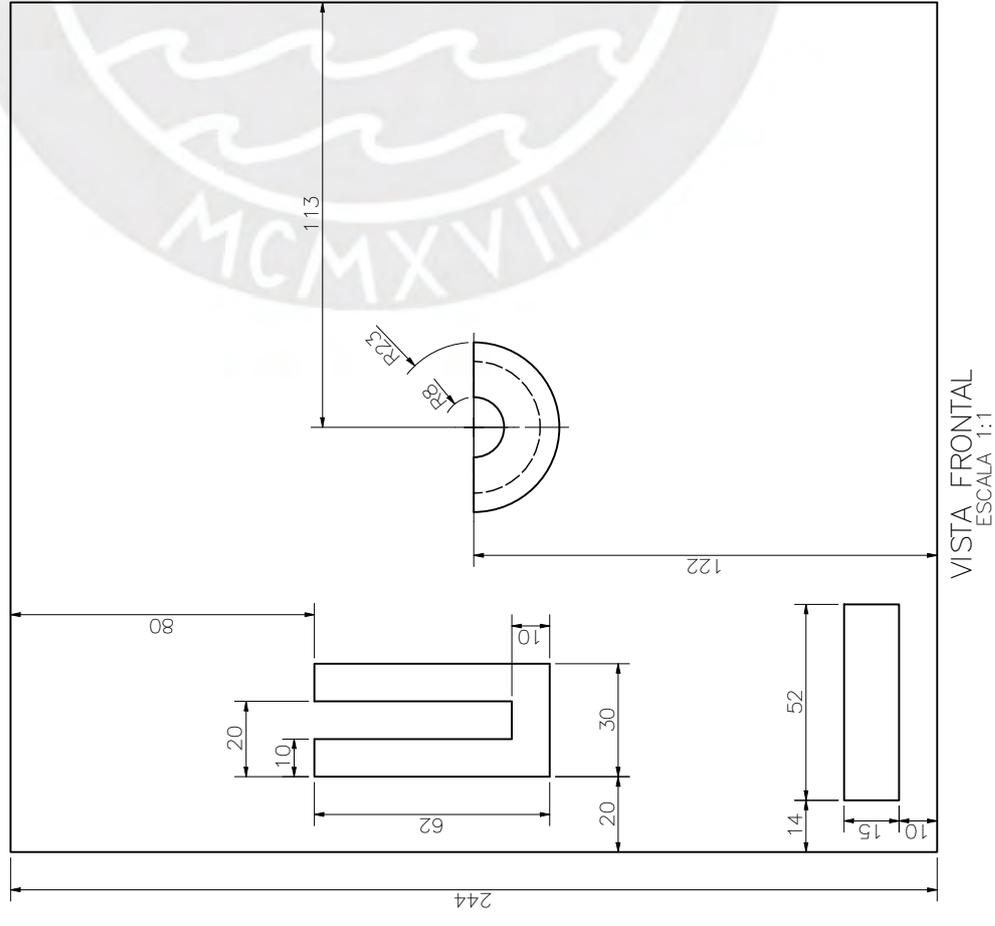
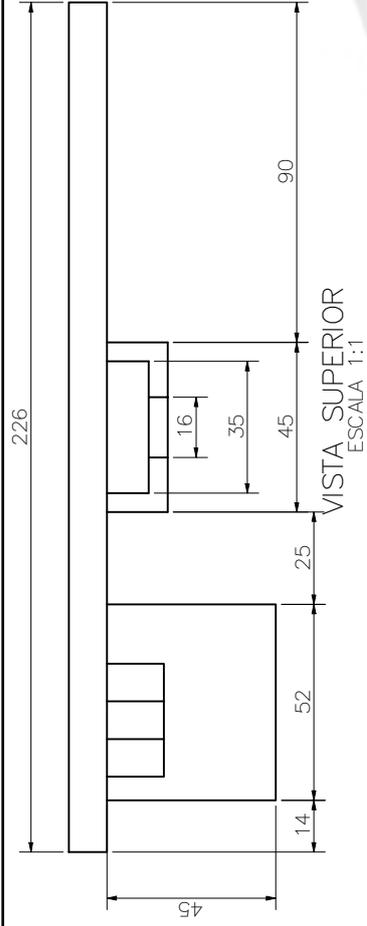


ISOMÉTRICO



ACABADO	TOLERANCIA	MATERIAL
	MEDIA - SEGÚN ISO 2786-1	Polycarbonato
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA TRABAJO DE FIN DE CARRERA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	LENTE TRANSPARENTE	ESCALA 1:2
	GALLARDAY OTTIZIANO, PAVEL SAMIR	FECHA: 2021.12
20132783		LÁMINA: PL-SS-EN-09

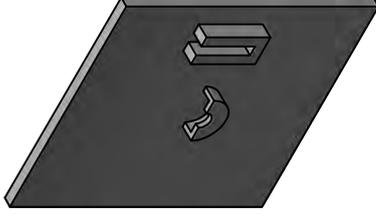
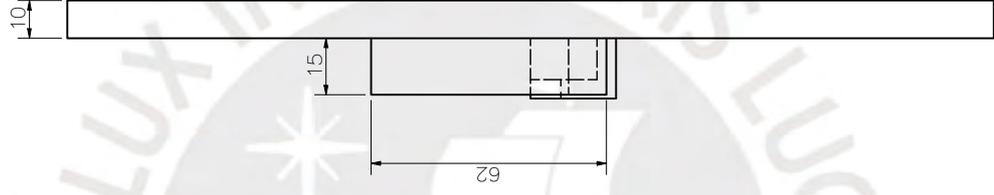
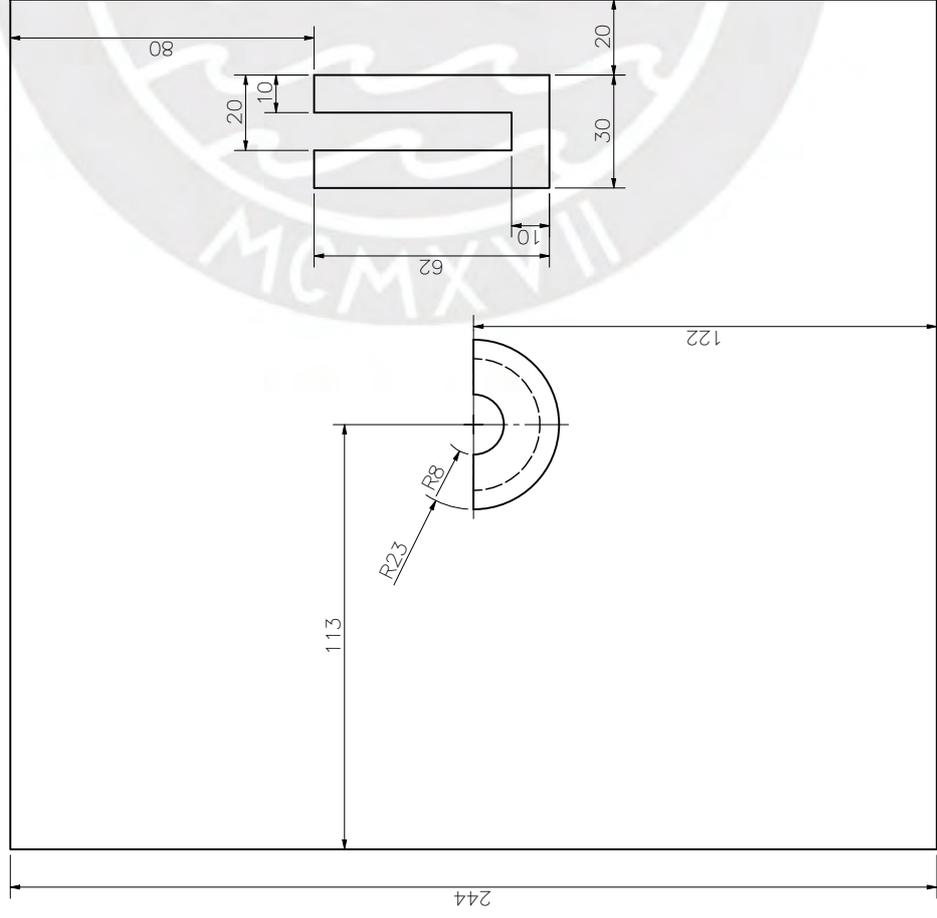
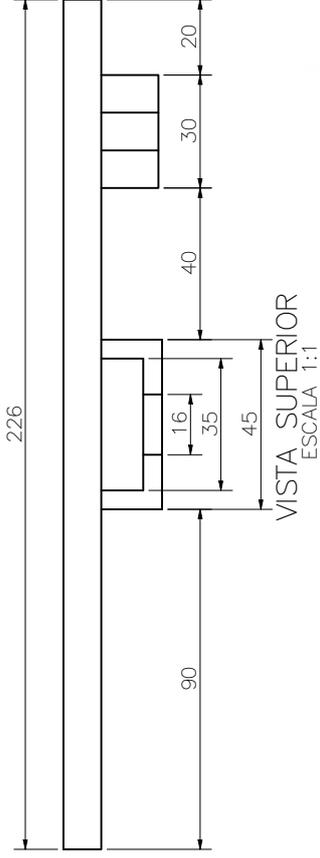
TOLERANCIAS DIMENSIONALES			
SEGÚN ISO 2768-1			
GRADO DE EXACTITUD	Más de hasta	Más de hasta	Más de hasta
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,3
	±0,1	±0,2	±0,3
	±0,1	±0,2	±0,5



ISOMÉTRICO

ACABADO	TOLERANCIA	MATERIAL
	MEDIA - SEGÚN ISO 2768-1	PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA TRABAJO DE FIN DE CARRERA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TAPA DERECHA	ESCALA
		1:1
20132783	GALLARDAY OTTIZIANO, PAVEL SAMIR	FECHA: 2021.12
		LÁMINA: PL-SS-BL-01

TOLERANCIAS DIMENSIONALES			
SEGÚN ISO 2768-1			
GRADO DE EXACTITUD	Más o menos	Más o menos	Más o menos
3	hasta 6	hasta 30	hasta 400
±0,1	±0,1	±0,2	±0,3
MEDIO	±0,1	±0,2	±0,5



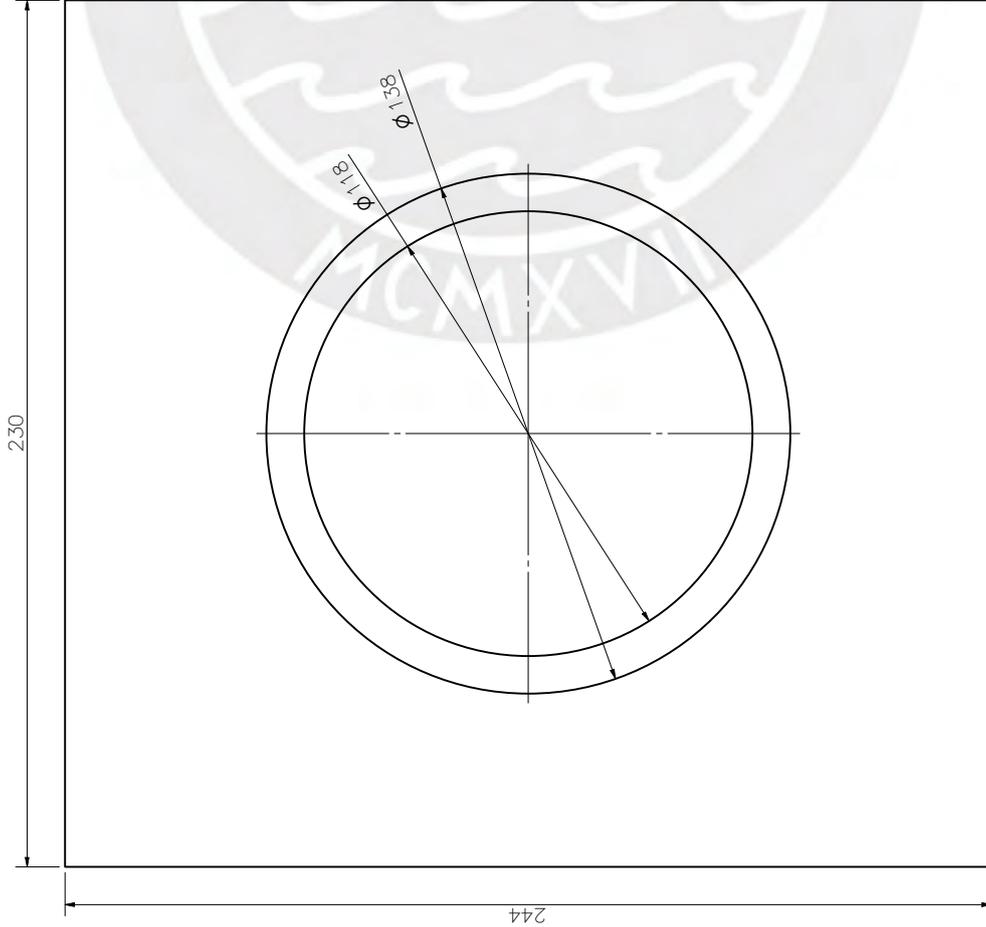
ISOMÉTRICO

TOLERANCIAS DIMENSIONALES			
SEGÚN ISO 2768-1			
GRADO DE EXACTITUD	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 400
MEDIO	±0.1	±0.1	±0.3
		±0.2	±0.5

ACABADO	TOLERANCIA	MATERIAL
	MEDIA - SEGÚN ISO 2768-1	PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA TRABAJO DE FIN DE CARRERA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TAPA IZQUIERDA	ESCALA
		1:1
20132783	GALLARDAY OTTIZIANO, PAVEL SAMIR	FEC-HA: 2021.12
		LÁMINA: PL-SS-BI-02



VISTA SUPERIOR
ESCALA 1:1

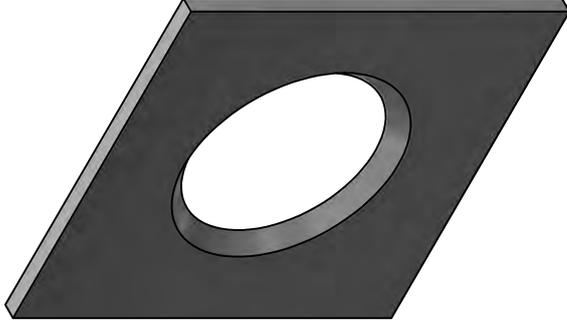


VISTA FRONTAL
ESCALA 1:1



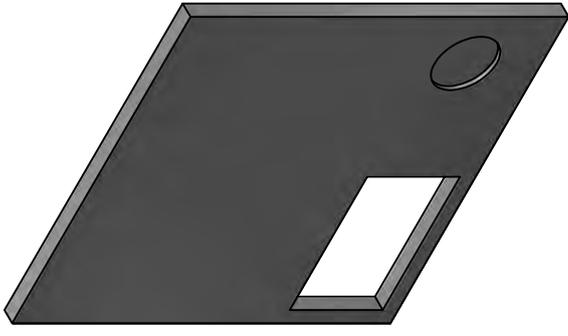
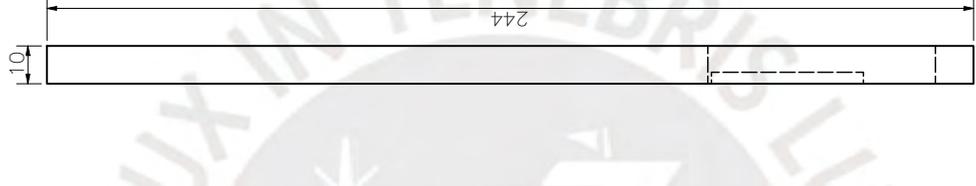
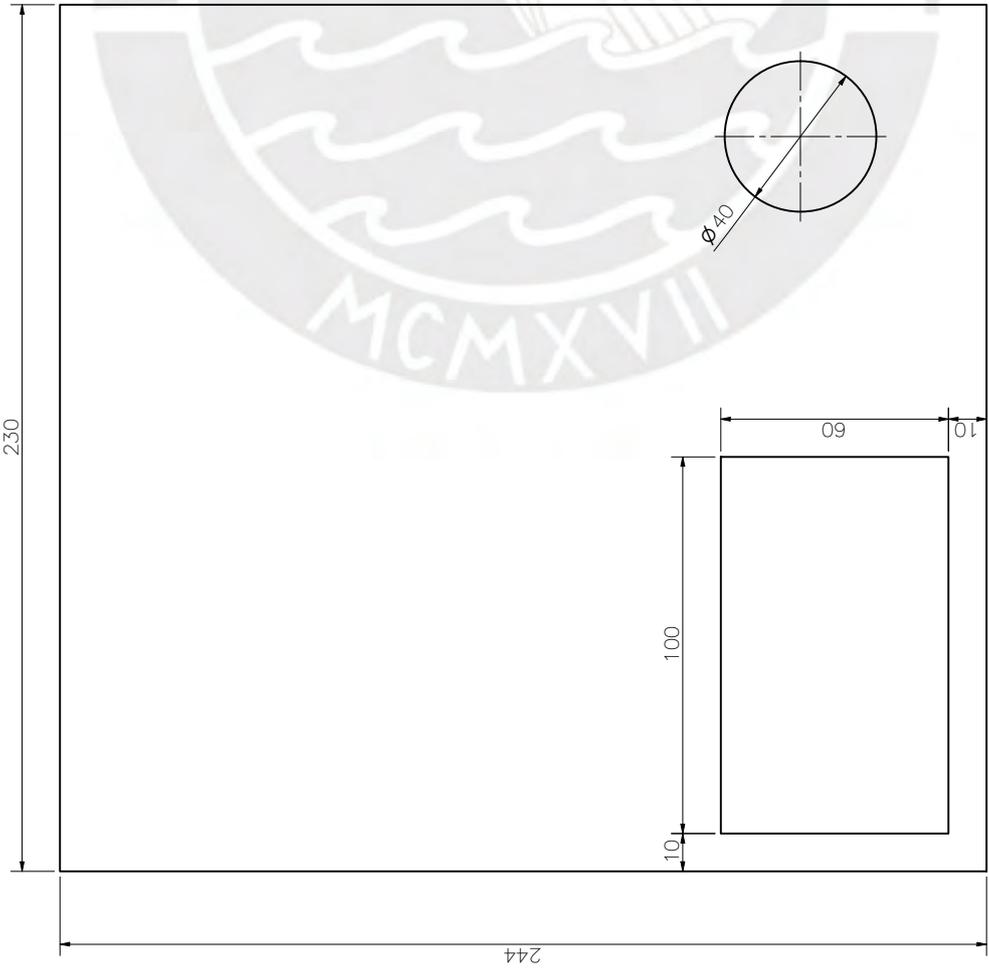
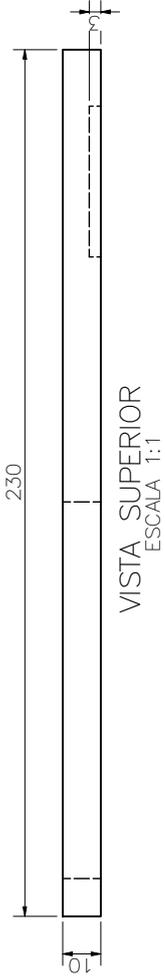
VISTA LATERAL
ESCALA 1:1

ISOMÉTRICO



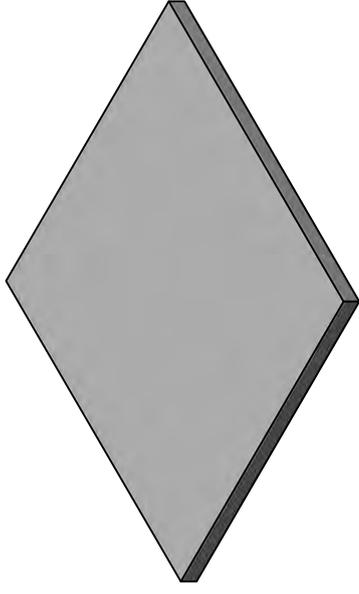
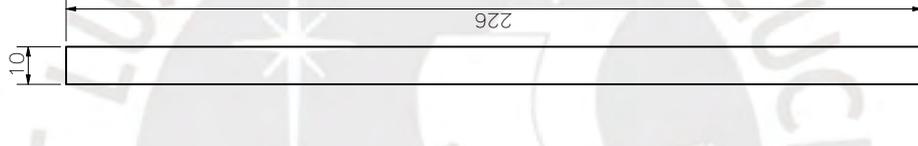
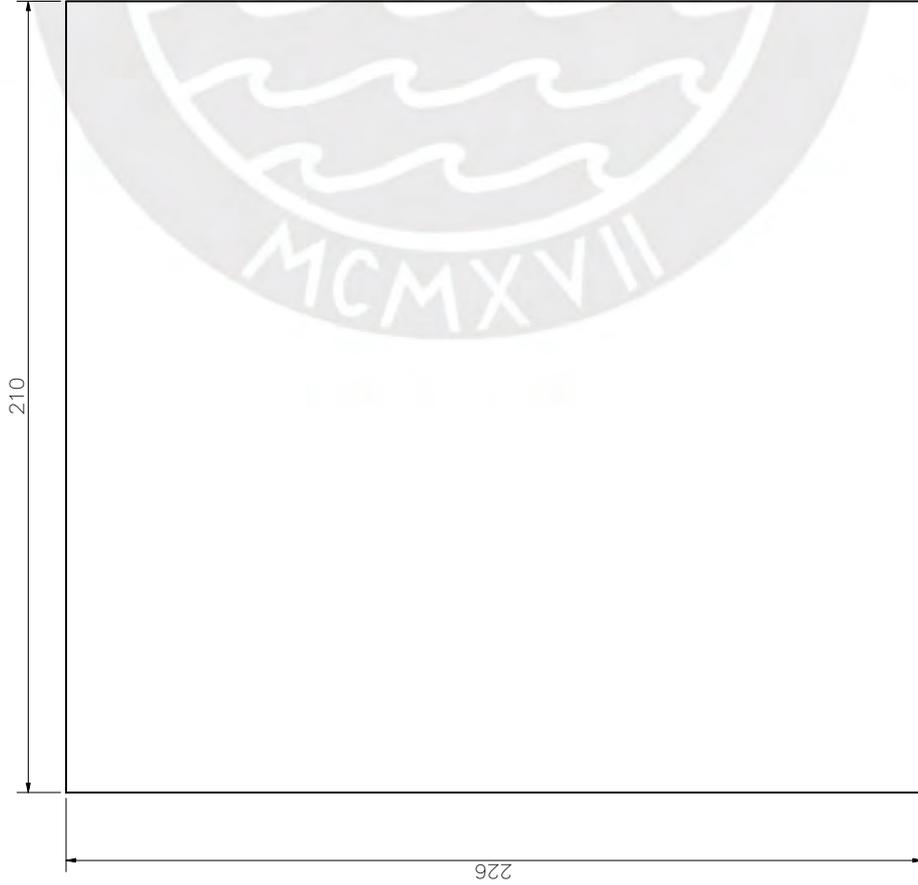
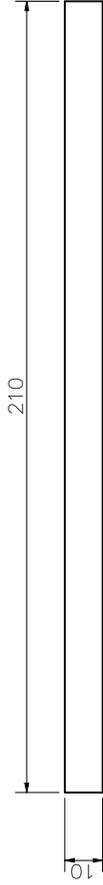
TOLERANCIAS DIMENSIONALES			
SEGÚN ISO 2768-1			
GRADO DE EXACTITUD	Más de 30 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 400
MEDIO	±0.1	±0.1	±0.3
	±0.1	±0.2	±0.5

ACABADO	TOLERANCIA	MATERIAL
	MEDIA - SEGÚN ISO 2768-1	PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA TRABAJO DE FIN DE CARRERA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TAPA FRONTAL	ESCALA
		1:1
20132783	GALLARDAY OTTIZIANO, PAVEL SAMIR	FECHA: 2021.12
		LÁMINA: PL-SS-BL-03

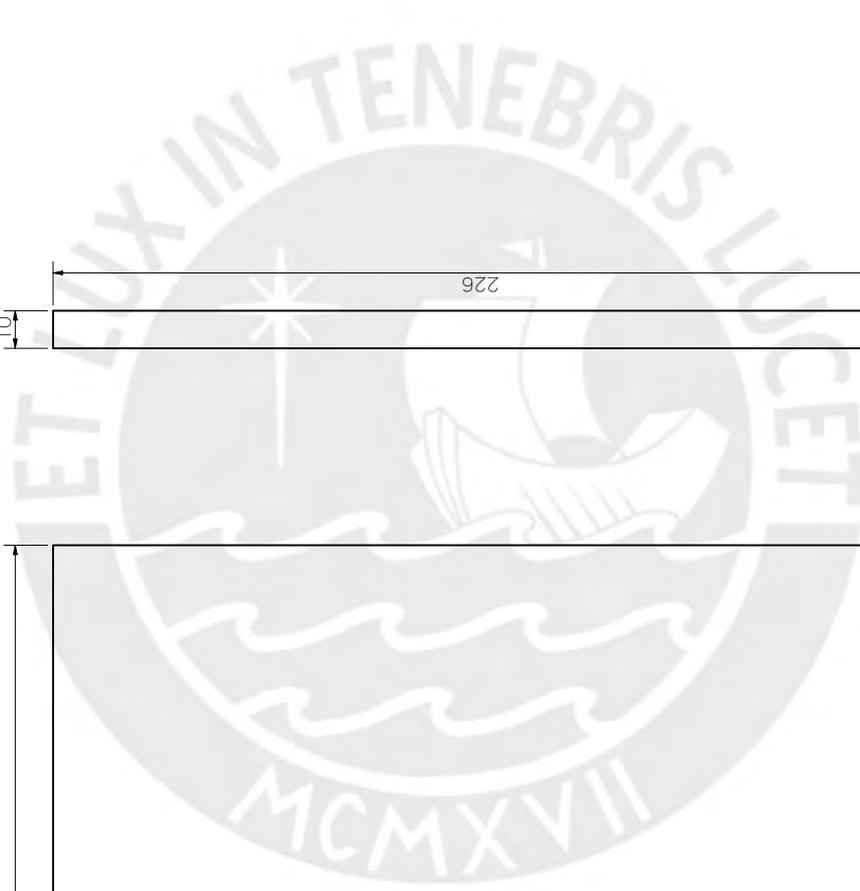


TOLERANCIAS DIMENSIONALES			
SEGÚN ISO 2768-1			
GRADO DE EXACTITUD	Medio de hasta 3	Medio de hasta 6	Medio de hasta 120
MEDIO	±0.1	±0.1	±0.3
			±0.5

ACABADO	TOLERANCIA	MATERIAL
	MEDIA - SEGÚN ISO 2768-1	PLASTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA TRABAJO DE FIN DE CARRERA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TAPA POSTERIOR	ESCALA
		1:1
20132783	GALLARDAY OTTIZIANO, PAVEL SAMIR	FECHA: 2021.12
		LÁMINA: PL-SS-BL-04

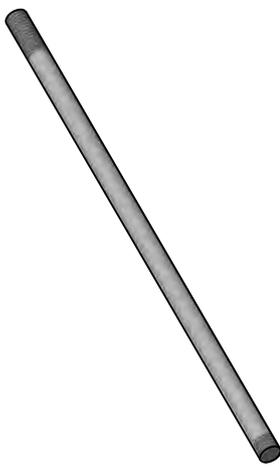


ISOMÉTRICO

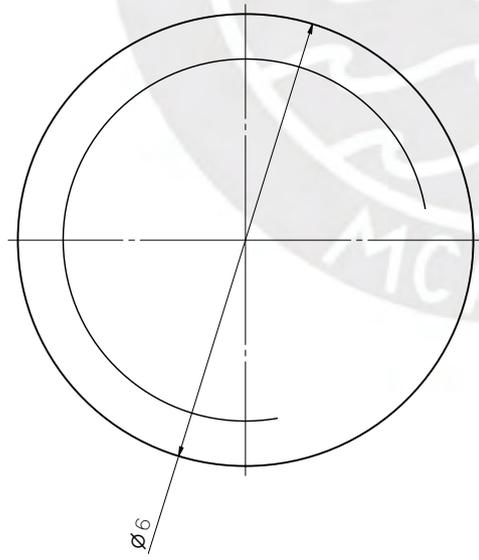


ACABADO	TOLERANCIA	MATERIAL
	MEDIA - SEGÚN ISO 2768-1	PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA TRABAJO DE FIN DE CARRERA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TAPA INFERIOR	ESCALA
		1:1
20132783	GALLARDAY OTTIZIANO, PAVEL SAMIR	FEC-HA: 2021.12
		LÁMINA: PL-SS-BI-05

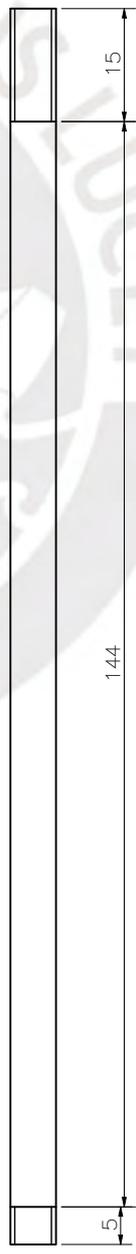
TOLERANCIAS DIMENSIONALES			
SEGÚN ISO 2768-1			
GRADO DE EXACTITUD	Más de 3	Más de 6	Más de 120
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,3
			±0,5



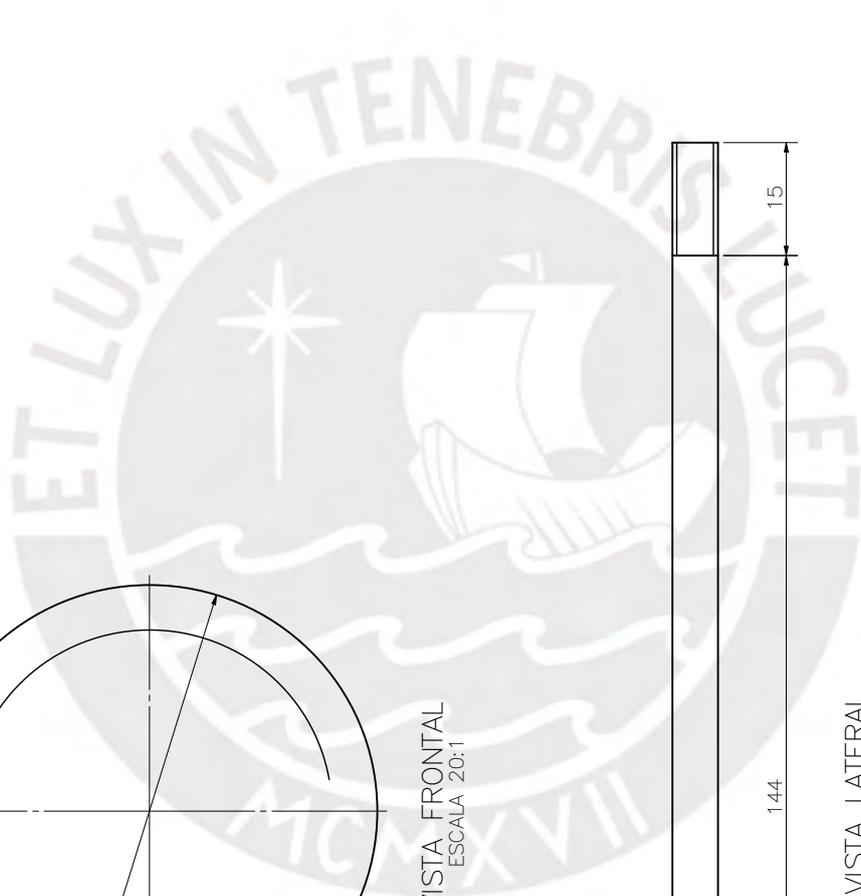
ISOMÉTRICO



VISTA FRONTAL
ESCALA 20:1



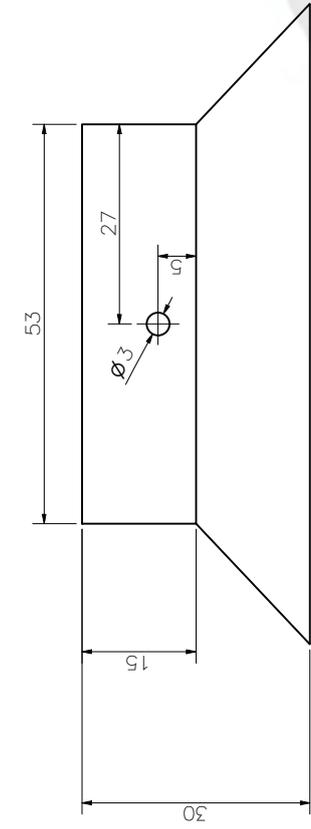
VISTA LATERAL
ESCALA 2:1



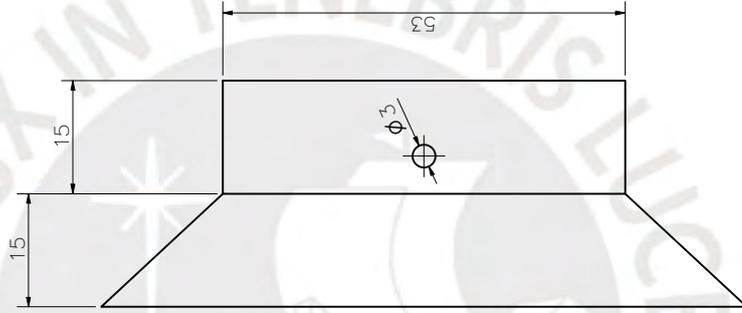
TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGUN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400
FINO	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2

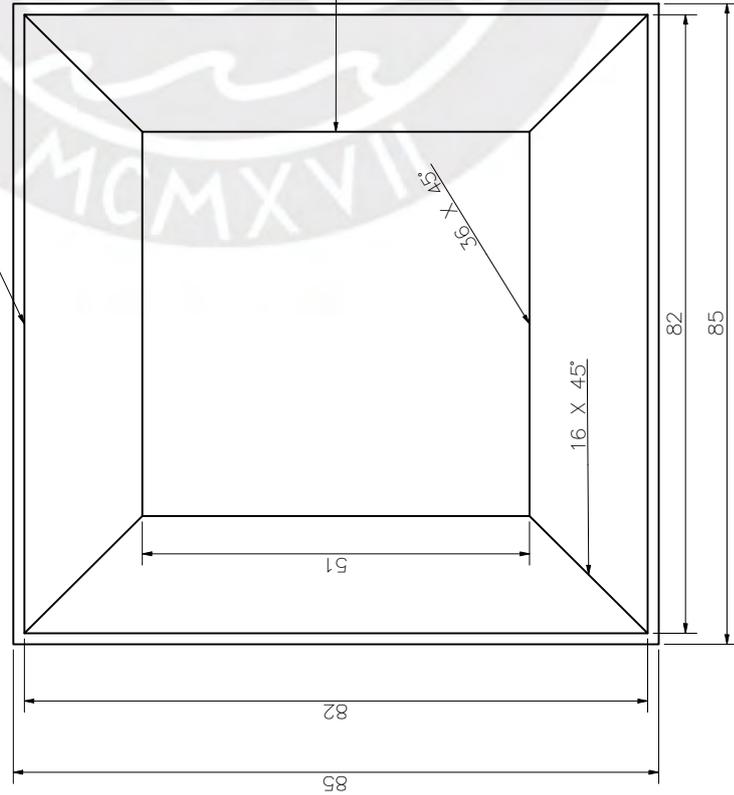
ACABADO	TOLERANCIA	MATERIAL
$\frac{3}{\sqrt{}}$	FINO - SEGUN ISO 2768-1	ACERO AISI 316
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA TRABAJO DE FIN DE CARRERA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	BARRA DE SOPORTE LUCES	ESCALA 2:1
20132783	GALLARDAY OTTIZIANO, PAVEL SAMIR	FEC-HA: 2021.12
		LÁMINA: PL-SS-BL-06



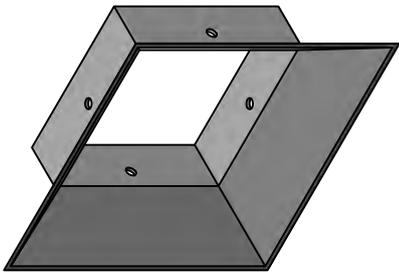
VISTA SUPERIOR
ESCALA 2:1



VISTA LATERAL
ESCALA 2:1



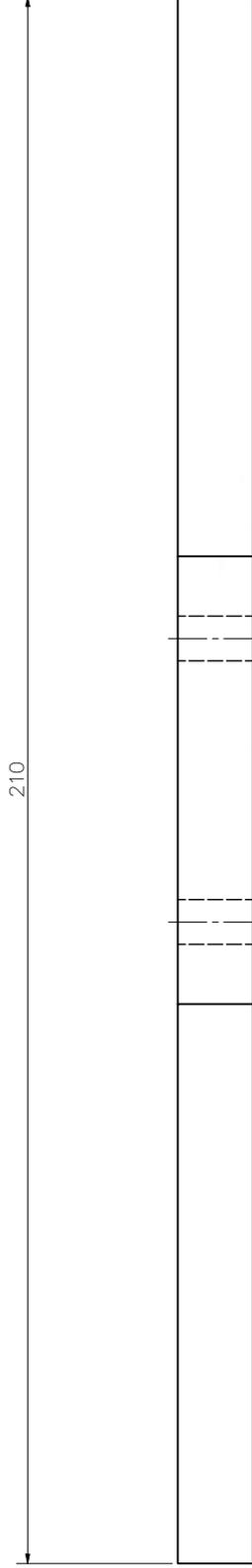
VISTA FRONTAL
ESCALA 2:1



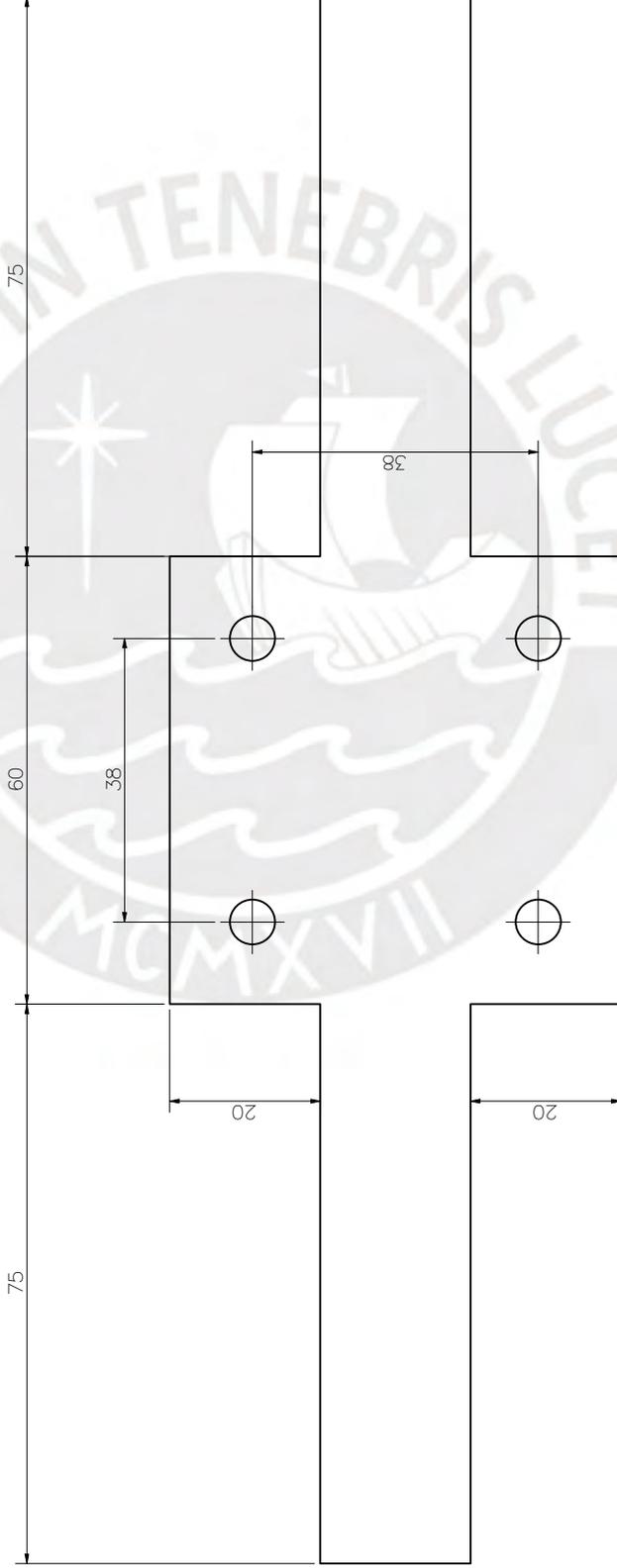
ISOMÉTRICO

TOLERANCIAS DIMENSIONALES			
SEGÚN ISO 2768-1			
GRADO DE EXACTITUD	Medio hasta 3	Medio hasta 6	Medio hasta 120
MEDIO	±0.1	±0.1	±0.3
			±0.5

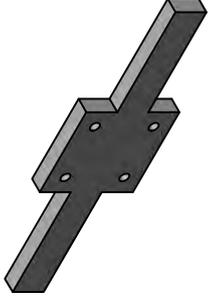
ACABADO	TOLERANCIA	MATERIAL
	MEDIA - SEGÚN ISO 2768-1	PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA TRABAJO DE FIN DE CARRERA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	ESCALA	
	SOPORTE DE LUCES 2:1	
20132783	GALLARDAY OTTIZIANO, PAVEL SAMIR	
	FECHAS: 2021.12	
	LAMINA: PL-SS-BL-07	



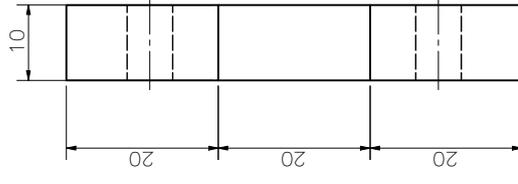
VISTA SUPERIOR
ESCALA 2:1



VISTA FRONTAL
ESCALA 2:1



ISOMÉTRICO



VISTA LATERAL
ESCALA 2:1

ACABADO	TOLERANCIA	MATERIAL
	FINO - SEGÚN ISO 2768-1	PLÁSTICO ABS
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA TRABAJO DE FIN DE CARRERA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	FIJADOR DE SOPORTES	ESCALA
20132783	GALLARDAY OTTIZIANO, PAVEL SAMIR	2:1
		FECHA: 2021.12
		LÁMINA: PL-SS-BL-08

TOLERANCIAS DIMENSIONALES			
SEGÚN ISO 2768-1			
GRADO DE EXACTITUD	Más de hasta	Más de hasta	Más de hasta
FINO	3	6	30
	±0.05	±0.05	±0.1
			±0.15
			±0.2