



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos

Naturales no Renovables

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Implementación de un aparcamiento de bicicleta automático

Trabajo de Titulación, previo
a la obtención del título de
Ingeniero Electromecánico

AUTOR:

Jorge Ricardo Guamán Cumbicos

DIRECTOR:

Dr.C. Jorge Enrique Carrión González, Ph.D.

Loja - Ecuador

2024

Certificación

Loja, 22 de julio del 2024

Dr.C. Jorge Enrique Carrión González. Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Implementación de un aparcamiento de bicicleta automático**, de autoría del estudiante **Jorge Ricardo Guamán Cumbicos**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Electromecánico**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Dr.C. Jorge Carrión González. Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Jorge Ricardo Guamán Cumbicos**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula: 1900744069

Fecha: 04 de marzo del 2024

Correo electrónico: jrguaman95@gmail.com / jrguamanc@unl.edu.ec

Teléfono: 0984186295

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Jorge Ricardo Guamán Cumbicos**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Implementación de un aparcamiento de bicicleta automático**, como requisito para optar al grado de **Ingeniero Electromecánico**; autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con los cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Loja, a los veintidós días del mes de julio del dos mil veinticuatro.



Firma:

Autor: Jorge Ricardo Guamán Cumbicos

Cédula: 1900744069

Dirección: Loja

Correo electrónico personal: jrguaman95@gmail.com / jrguamanc@unl.edu.ec

Teléfono: 0984186295

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Titulación: Dr.C. Jorge Enrique Carrión González, Ph.D.

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedico a mi familia Guamán Cumbicos; de manera muy especial a mi padre Jorge Guamán por su gran apoyo. A mi madre Esperanza Cumbicos (+) quien fue un ejemplo de superación personal en mi vida.

También quiero dedicarlo a dos mujeres muy importantes en mi vida que en el transcurso de mi formación profesional se convirtieron en mi mayor inspiración y motivación; mi esposa Joselyn y mi hija Scarlett.

Ricardo Guamán

Agradecimientos

En primer lugar y sobre todas las cosas, agradecido con Dios.

Por la oportunidad que me brindaron para poder cumplir esta meta, mi sincero agradecimiento con la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables, a la prestigiosa carrera de Ingeniería Electromecánica y a todos los docentes que supieron dar su mejor esfuerzo para transmitir sus conocimientos y lograr una adecuada formación profesional.

De manera muy especial quiero extender mi mayor gratitud al Ingeniero Jorge Enrique Carrión González, director del Trabajo de Titulación, como también al centro investigativo I2TEC por haberme guiado y apoyado en el desarrollo de este trabajo investigativo.

A mi familia, mi esposa y amigos, que me apoyaron de muchas formas y permitieron que logre este objetivo, mi más sincero sentimiento de gratitud.

Ricardo Guamán

Índice de contenidos

PORTADA	II
Certificación.....	II
AUTORÍA	III
CARTA DE AUTORIZACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
<i>ÍNDICE DE CONTENIDOS</i>	VII
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	XI
<i>ÍNDICE DE ANEXOS</i>	XIII
<i>SIMBOLOGÍA</i>	XIV
1. TÍTULO	1
2. RESUMEN	2
ABSTRACT	3
3. INTRODUCCIÓN	4
3.1 OBJETIVO GENERAL	5
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
4. MARCO TEÓRICO	6
4.1 CAPÍTULO I: CICLOPARQUEADERO	6
4.1.1 MOVILIDAD SOSTENIBLE	6
4.1.2 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO DE CICLOPARQUEADEROS	7
4.1.2.1 Criterios para la ubicación del cicloparqueadero.	7
4.1.2.2 Criterios de sistemas de soporte.	7
4.1.2.3 Criterios para la señalización horizontal y vertical.	8
4.1.2.4 Criterios para el diseñador.	9
4.1.2.5 Tipos de estacionamientos.	9
4.1.2.5.1 Soporte de rueda o de horquilla.	9

4.1.2.5.2 Tipo Onda.	10
4.1.2.5.3 Tipo tostador.	10
4.1.2.5.4 Tipo “post and loop” o círculo.	11
4.1.2.5.5 Tipo hojas.	11
4.1.2.5.6 Tipo U invertida.	12
4.1.2.5.7 Estacionamiento de corto plazo.	12
4.1.2.5.8 Estacionamiento de largo plazo.	13
4.1.2.5.9 Estacionamiento de varios pisos.	13
4.1.2.5.10 Estacionamiento de pared.	14
4.1.2.5.11 Estacionamiento vertical.	14
4.1.2.5.12 Estacionamiento entechado.	15
4.1.2.5.13 Estacionamiento colectivo.	15
4.1.2.5.14 Estacionamiento automático.	16
4.2 CAPÍTULO II: DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL CICLOPARQUEADERO	16
4.2.1 NORMATIVA	16
4.2.1.1 Área requerida para cicloparqueaderos.	17
4.2.2 MÉTODOS PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES	19
4.2.2.1 Método tradicional.	20
4.2.2.2 Método gráfico.	20
4.2.2.2.1 Método de selección de materiales Ashby.	21
4.2.2.3 Método con ayuda de bases de datos.	25
4.2.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL	25
4.2.3.1 Diseño del eje.	25
4.2.3.1.1 Ángulo de giro en el rango elástico.	27
4.2.3.1.2 Segundo momento polar del área.	28
4.2.3.1.3 Módulo de rigidez.	28
4.2.3.1.4 Coeficiente de seguridad.	28
4.2.3.1.5 Esfuerzo cortante máximo.	28
4.2.3.2 Rodamientos.	29
4.2.3.3 Pernos de anclaje.	30
4.2.4 COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS	30
4.2.4.1 Equipos Biométricos.	30
4.2.4.2 Cerraduras eléctricas.	31
4.2.4.2.1 Bobina o Solenoide.	31

4.2.4.2.2 Mecanismo de cierre.	31
4.2.4.2.3 Controlador electrónico.	31
4.2.4.3 Tipos de cerraduras.	31
4.2.4.4 Fuente de poder.	32
5. METODOLOGÍA	33
5.1 ÁREA DE TRABAJO	33
5.2 EQUIPOS Y MATERIALES	33
5.2.1 EQUIPOS	33
5.2.2 MATERIALES	34
5.3 PROCEDIMIENTO	34
5.3.1 PRIMER OBJETIVO	34
5.3.2 SEGUNDO OBJETIVO	34
5.3.3 TERCER OBJETIVO	35
5.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	35
5.4.1 PRIMER OBJETIVO: DISEÑAR UN PROTOTIPO DE CICLOPARQUEADERO DE BICICLETA CONSIDERANDO NORMATIVAS NACIONALES E INTERNACIONALES.	35
5.4.2 SEGUNDO OBJETIVO: SELECCIONAR Y DIMENSIONAR MATERIALES Y EQUIPOS PARA UN PROTOTIPO DE CICLOPARQUEADERO AUTOMÁTICO.	35
5.4.2.1 Selección y dimensionado de materiales mecánicos.	35
5.4.2.2 Selección y dimensionado de materiales eléctricos y electrónicos.	46
5.4.3 TERCER OBJETIVO: CONSTRUIR EL PROTOTIPO DE CICLOPARQUEADERO AUTOMÁTICO.	52
6. RESULTADOS	54
7. DISCUSIÓN	59
8. CONCLUSIONES	60
9. RECOMENDACIONES	61
10. BIBLIOGRAFÍA	62
11. ANEXOS	66

Índice de tablas:

Tabla 1. Lista de propiedades de los materiales.....	20
Tabla 2. Ventajas y desventajas de los estacionamientos de bicicletas	36
Tabla 3. Valoración aplicada a la matriz de ponderación	36
Tabla 4. Matriz de ponderación para definir el tipo de estacionamiento	37
Tabla 5. Características del rodamiento seleccionado	44
Tabla 6. Resultados obtenidos del ángulo de giro	46
Tabla 7. Matriz de toma de decisiones para la selección del equipo biométrico.....	46
Tabla 8. Criterios y evaluación del peso específico de cada criterio para la selección del biométrico	47
Tabla 9. Alternativas de equipos biométricos	47
Tabla 10. Pautas de valoración de las alternativas.....	48
Tabla 11. Matriz de selección de la mejor alternativa	48
Tabla 12. Puntajes obtenidos	48
Tabla 13. Matriz de toma de decisiones para la selección de cerraduras.....	49
Tabla 14. Criterios y evaluación del peso específico de cada criterio para la selección de cerradura	49
Tabla 15. Alternativas de cerraduras.....	50
Tabla 16. Matriz de selección de la mejor alternativa	50
Tabla 17. Puntajes obtenidos	50
Tabla 18. Valoración obtenida de la matriz de ponderación.....	54
Tabla 19. Valores obtenidos del Esfuerzo Cortante.....	56
Tabla 20. Valores obtenidos del Ángulo de giro	56
Tabla 21. Costos por construcción del prototipo propuesto.....	58

Índice de figuras:

Figura 1. Estrategias de la movilidad sostenible.....	7
Figura 2. Señal vertical, poste o pared.....	8
Figura 3. Señal horizontal (piso).....	9
Figura 4. Soporte de Rueda.....	10
Figura 5. Estacionamiento tipo Onda	10
Figura 6. Estacionamiento tipo Tostador	11
Figura 7. Estacionamiento tipo "Post and Loop"	11
Figura 8. Estacionamiento tipo Hojas.....	12
Figura 9. Estacionamiento tipo U Invertida.....	12
Figura 10. Estacionamiento a corto plazo.....	13
Figura 11. Estacionamiento a largo plazo.....	13
Figura 12. Estacionamiento de varios pisos.....	14
Figura 13. Estacionamiento de Pared	14
Figura 14. Estacionamiento tipo Vertical	15
Figura 15. Estacionamiento Entechado	15
Figura 16. Estacionamiento colectivo.....	16
Figura 17. Estacionamiento Automático	16
Figura 18. Altura en zona Urbana.....	17
Figura 19. Área requerida de Cicloparqueadero	18
Figura 20. Primer criterio de ubicación del cicloparqueadero.....	18
Figura 21. Segundo criterio de ubicación del cicloparqueadero.....	19
Figura 22. Tercer criterio de ubicación del cicloparqueadero	19
Figura 23. Metodología Ashby para optimizar la fase de diseño	21
Figura 24. Gráfica del módulo de Young E – densidad ρ	23
Figura 25. Gráfica del límite elástico σ_f – densidad ρ	24
Figura 26. Gráfica del módulo de Young E – costo relativo por unidad de volumen CV, R....	24
Figura 27. Gráfica del límite elástico σ_f – costo relativo por unidad de volumen CV, R.....	25
Figura 28. Área de trabajo del proyecto.	33
Figura 29. Partes que conforman la propuesta del prototipo de cicloparqueadero.....	38
Figura 30. Elementos montados sobre el eje	39
Figura 31. Distancia entre elementos.....	39
Figura 32. Diagramas de cortantes y momentos flectores en el plano (x-z).....	41

Figura 33. Diagrama de cuerpo libre	42
Figura 34. Resultados del esfuerzo cortante	45
Figura 35. Resultado del ángulo de giro	45
Figura 36. El dispositivo no comparte energía con la cerradura	51
Figura 37. El dispositivo comparte energía con la cerradura	51
Figura 38. Prototipo construido	53
Figura 39. Propuesta Prototipo Cicloparqueadero	55
Figura 40. Diagrama de conexión 110V	57
Figura 41. Propuesta 2 para ubicación del equipo biométrico.....	58

Índice de anexos:

Anexo 1. Rodamientos FAG rígidos de bolas de una hilera.....	67
Anexo 2. Planos constructivos.....	68
Anexo 3. Certificación de traducción del resumen.....	69

Simbología:

ρ :	Densidad $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$
E :	Módulo de elasticidad del material [GPa]
γ :	Coefficiente de Poisson [adimensional]
σ_f :	Límite elástico [MPa]
L :	Longitud total del eje [m]
σ_y :	Esfuerzo normal de fluencia máximo del material [Pa]
d :	Distancia [m]
M_T/T :	Momento torsor o Par de torsión [Nm]
M_F :	Momento flector [Nm]
F :	Fuerza [N]
η_s :	Coefficiente de seguridad [adimensional]
$\phi_{eje_mín}$:	Diámetro mínimo del eje [m]
ϕ_{eje} :	Diámetro del eje calculado [m]
S_{ut} :	Resistencia a la fractura en tensión [Pa]
S_{uc} :	Resistencia a la fractura en compresión [Pa]
G :	Módulo de rigidez [GPa]
J :	Segundo momento polar del área [m ⁴]
ϕ	Ángulo de giro [rad]
$\tau_{máx}$:	Esfuerzo cortante máximo [N/m ²]
c :	Radio [m]
f_s :	Factor de esfuerzos estáticos [adimensional]
C_0 :	Capacidad de carga estática [kN]
P_0 :	Carga estática equivalente [kN]
F_r :	Carga radial [kN]
F_a :	Carga axial [kN]

1. Título

Implementación de un aparcamiento de bicicleta automático.

2. Resumen

El presente trabajo expone el diseño de un prototipo para aparcamiento automático de bicicleta considerando la norma técnica ecuatoriana INEN 2314 como también se considera criterios constructivos de diseño internacional, también conocido como sistema de estacionamiento automatizado para bicicletas, es una instalación diseñada para estacionar bicicletas de manera eficiente y automática. Este concepto busca abordar problemas de espacio y optimizar el uso de áreas destinadas al estacionamiento de bicicletas, especialmente en entornos urbanos donde la disponibilidad de espacio puede ser limitada.

El diseño, dimensionamiento e implementación de un prototipo de aparcamiento de bicicleta automático para exteriores fueron estructurados considerando las recomendaciones expuestas en diferentes sistemas de aparcamientos de bicicletas.

Se propone un prototipo para aparcar una bicicleta ya sea convencional o eléctrica, para el diseño y dimensionamiento se considera la geometría que posee la bicicleta, así como métodos y modelos de diseño, la propuesta del prototipo incluye un sistema de seguridad que facilita su uso mediante el manejo del equipo de control biométrico SpeedFace-V4L, desde el cuál se puede controlar el registro de usuarios, además desde el equipo biométrico se controla el funcionamiento de una cerradura electromagnética con solenoide 12 V DC que permite la apertura y bloqueo de la parte móvil del prototipo.

Palabras clave: ciclo-parqueadero, bicicleta convencional, bicicleta eléctrica.

Abstract

The present investigation presents the design of a prototype for automatic bicycle parking, considering the Ecuadorian technical standard INEN 2314, as well as international design construction criteria. This is also known as an automated bicycle parking system, which is a facility designed to park bicycles efficiently and automatically. This concept aims to address space issues and optimize the use of areas designated for bicycle parking, especially in urban environments where space availability can be limited.

The design, sizing, and implementation of an outdoor automatic bicycle parking prototype were structured considering the recommendations presented in different bicycle parking systems.

A prototype is proposed to park a bicycle, whether conventional or electric. For the design and sizing, the geometry of the bicycle is considered, as well as design methods and models. The prototype proposal includes a security system that facilitates its use through the management of the SpeedFace-V4L biometric control equipment, from which user registration can be controlled. Additionally, through the biometric equipment, the operation of a 12 V DC solenoid electromagnetic lock is controlled, allowing the opening and locking of the prototype's movable part.

Key words: cycle-parking, conventional bicycle, electric bicycle.

3. Introducción

Un aparcamiento de bicicletas es denominado también como cicloparqueadero y es la capacidad en número de espacios de estacionamiento para bicicletas, existiendo gran variedad de diseños.

En la actualidad la movilidad sostenible y el respeto al medio ambiente son prioridades crecientes, el uso de la bicicleta se ha convertido en una opción de transporte. Como respuesta a esta tendencia existen diferentes infraestructuras urbanas para desplazarse en métodos de transporte alternativos, por ejemplo, la Empresa pública metropolitana de movilidad y obras públicas de Quito (EPMOP), como respuesta a la micromovilidad urbana ha implementado infraestructura que contribuye a la movilidad sustentable, en total se ha construido 105 plazas de parqueo para bicicletas, distribuidos en lugares estratégicos y sin ningún costo por el uso de este servicio, esta infraestructura no cuenta con un sistema de seguridad automatizado por lo que los usuarios deben contar con su propio sistema de seguridad para proteger la bicicleta (Epmop, 2023).

En la ciudad de Cuenca se encuentran 20 estaciones de bicicletas con 240 bicicletas públicas entre flota activa y reserva ubicadas estratégicamente para su fácil acceso. El sistema de parqueo de la bicicleta, cuenta con un sistema de seguro automático instalado en la parte frontal de la bicicleta. Para utilizar el sistema de bici pública se cuenta con tres opciones: mediante la utilización de la tarjeta en el panel táctil de control, mediante un código de acceso que se lo digita en el panel táctil y también con la utilización de una APP MÓVIL (Gad municipal de Cuenca, 2023).

En la ciudad de Loja entidades como GRAN AKÍ, Supermaxi, Unidad educativa la Dolorosa, Prefectura, Municipio y la Universidad Técnica Particular de Loja han destinado espacios para biciparquesos, con seguro mediante candado por parte del usuario.

Considerando que los cicloparqueaderos son espacios diseñados para estacionar vehículos de transporte alternativos bicicletas y scooters, estos espacios en algunos casos disponen de infraestructura tecnológica complementaria para el control y monitoreo de bicicletas de uso personal y compartido.

El prototipo de cicloparqueadero propuesto considera la comodidad y seguridad del usuario, este prototipo incorpora la tecnología de control biométrico, la cual se refiere al uso de características físicas o comportamentales únicas de los individuos para autenticar o verificar su identidad. Estas características son medidas y analizadas para garantizar la

precisión y la seguridad en el prototipo propuesto, para hacer que el proceso de estacionamiento y recuperación de la bicicleta sea eficiente y accesible.

La construcción del prototipo de cicloparqueadero para un usuario permite identificar la funcionalidad que puede representar este tipo de equipamiento de parqueo para ser implementado en diferentes espacios destinados a la micromovilidad urbana, los objetivos formulados para el desarrollo del proyecto se describen a continuación:

3.1 Objetivo General

- ✓ Implementar un prototipo de aparcamiento de bicicleta automático para exteriores.

3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Diseñar un prototipo de cicloparqueadero de bicicleta considerando normativas nacionales e internacionales.
- ✓ Seleccionar y dimensionar materiales y equipos para un prototipo de cicloparqueadero automático.
- ✓ Construir el prototipo de cicloparqueadero automático.

4. Marco teórico

4.1 Capítulo I: Cicloparqueadero

Se denomina *cicloparqueadero* al sitio donde se colocan las bicicletas cuando no se están usando, incluido los elementos de señalización, protección y soporte (García & Martínez, 2017).

Los espacios para aparcar la bicicleta es un factor importante a considerar dentro del uso de la bicicleta como medio de transporte, puesto que los usuarios hacen uso de la misma para realizar múltiples actividades y se espera contar con espacios adecuados, seguros y confiables para aparcar la bicicleta (Cuartas & Cruzado, 2016).

Indistintamente de que un cicloparqueadero se encuentre en la vía pública, al interior de las edificaciones, en el área de estacionamiento de vehículos motorizados o en un inmueble especialmente diseñado para almacenar bicicletas adjunto a una estación de transporte público, todos comparten una serie de características comunes (Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Perú, 2021).

La importancia de los cinco requisitos de la ciclo-infraestructura propuestos por los autores (C. F. Pardo et al., 2022) se definen a continuación:

- Una red de ciclo-infraestructura debe ser *segura* para evitar conflictos entre ciclistas y los demás actores de la vía y priorizan a los más vulnerables.
- También debe ser *coherente* al conectar los principales puntos de origen con los de destino y guían al ciclista de manera lógica durante su recorrido y especialmente en las intersecciones.
- Un tercer requisito es el de ser *directa* al reducir tiempo y distancia de desplazamiento.
- Debe haber *comodidad* al permitir avanzar a un ritmo constante, evitando paradas o reducciones de velocidad constante y cambios fuertes o bruscos de nivel o de textura en el pavimento.
- Finalmente, se busca que los recorridos sean *atractivos* pues garantizan en gran parte con el cumplimiento de los requisitos anteriores y se fortalecen con entornos o ambientes seguros, amigables, iluminados, con manejo paisajístico adecuado.

4.1.1 Movilidad sostenible

La movilidad sostenible (**Figura 1**) tiene como objetivo que los desplazamientos cotidianos tengan el menor impacto ambiental y territorial. Además, a través del uso de formas de movilización sostenibles, se busca reducir el consumo de petróleo, carbón y gas, y así mismo, que las personas se movilicen de forma activa con el fin de mejorar la salud de las

personas a través de la actividad física y espacios libres de contaminantes (Ministerio de Salud Pública, 2023).



Figura 1. Estrategias de la movilidad sostenible
Fuente: (SAINT-GOBAIN, 2024)

4.1.2 Criterios generales de diseño de cicloparqueaderos

4.1.2.1 Criterios para la ubicación del cicloparqueadero.

La utilidad de un estacionamiento es la suma de su ubicación, la modalidad y su diseño. La ubicación es clave para que se utilice un estacionamiento para bicicletas. Existen varios aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de elegir el lugar adecuado. (C. F. Pardo et al., 2022).

- **Accesibilidad:** Los estacionamientos deben estar ubicados en zonas cercanas que permitan un acceso directo desde los orígenes y destinos, minimizando las distancias peatonales entre estacionamientos y destino.
- **Capacidad:** Los estacionamientos deberán disponer de superficie suficiente para satisfacer la demanda prevista.
- **Seguridad:** Lo ideal es que los estacionamientos para bicicletas sean en lugares donde haya un control ciudadano natural, que evite el deterioro intencionado o el robo de las bicicletas. Que sean visibles para el tránsito peatonal o de personal fijo de los edificios próximos.
- **Integración:** La ubicación de los estacionamientos es óptima cuando se integran en el entorno urbano y la ocupación del espacio público es tolerable.

4.1.2.2 Criterios de sistemas de soporte.

Los parámetros a considerarse son los que se analizan a continuación:

- **Nivel de seguridad:** Que sea adecuado para prevenir posibles robos o actos de vandalismo.

- Adaptabilidad: Debe permitir alojar cualquier tipo de bicicleta sin importar la forma ni su tamaño.
- Estabilidad: Debe mantenerse estable sin necesidad de objetos extras que pudieran ocasionar algún daño a la bicicleta.
- Comodidad del ciclista: Facilidad del usuario en el manejo del cicloparqueadero para ingresarla como para retirarla.
- Protección contra la intemperie: Tipo de estacionamiento especialmente para los usuarios que requieren hacer uso por varias horas durante el día.

4.1.2.3 Criterios para la señalización horizontal y vertical.

- Colocar una señal vertical de cicloparqueadero, visible desde la vía pública para informar a los usuarios, como se observa en la **Figura 2**.



Figura 2. Señal vertical, poste o pared

Fuente: (Secretaría de Gestión Inmobiliaria del Sector Público, n.d.)

- Colocar una señal vertical de cicloparqueadero en el acceso al estacionamiento vehicular si en ese sitio está localizado el parqueadero de bicicletas.
- De preferencia la señal vertical que se coloca en los ingresos a los subsuelos de estacionamientos deberá ser una señal doble de tipo bandera que se ancla en la pared hacia la calle.
- En el interior del subsuelo se deberá colocar otra señal vertical en la pared.
- En el piso se marcará una señal de bicicleta en la plaza de estacionamiento, con pintura de tráfico color blanco, como se puede observar en la **Figura 3** (Secretaría de Gestión Inmobiliaria del Sector Público, n.d.).

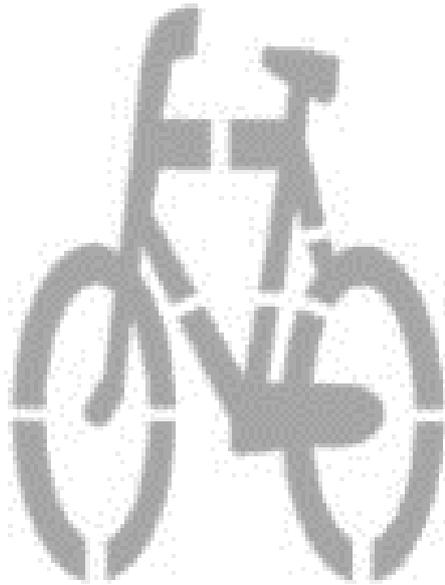


Figura 3. Señal horizontal (piso)

Fuente: (Secretaría de Gestión Inmobiliaria del Sector Público, n.d.)

4.1.2.4 Criterios para el diseñador.

Las variables para maximizar los beneficios financieros y beneficios para la sociedad son los siguientes:

- Organización del espacio público: La colocación del cicloparqueadero debe ser fácil y económica considerando lugares de destino de los usuarios. La infraestructura del cicloparqueadero debe ubicarse en un espacio específico de tal forma que no interfiera con la circulación peatonal, ni con los automóviles.
- Sencillez en el diseño del estacionamiento: Debe ser pensado en las necesidades del usuario. Un diseño complejo genera más gastos y esfuerzos para el diseñador resultando un proyecto financieramente inviable.
- Costo de instalación del estacionamiento: Debe ser el mínimo, asegurando que éste no sea removido con facilidad, para evitar el vandalismo.
- Durabilidad y mantenimiento: Los materiales del estacionamiento para bicicletas deben resistir el corte con herramientas de mano comunes. Debe ser de bajo mantenimiento y de fácil limpieza (Pérez & Wilches, 2018).

4.1.2.5 Tipos de estacionamientos.

Existen diversos tipos de estacionamientos referenciados a nivel nacional e internacional que se exponen a continuación.

4.1.2.5.1 *Soporte de rueda o de horquilla.*

Requiere poco material para su construcción, su cuerpo es simple y de una sola forma, como se puede observar en la **Figura 4**. No requiere de ningún sistema eléctrico para hacer su

función, su ubicación es manual. Para asegurar la bicicleta requiere de un candado, este tipo de soporte no requiere mantenimiento. Este único punto de sujeción representa un gran inconveniente por los robos o posibles actos de vandalismo que se puedan llevar a cabo, además de que en algunos casos la rueda acaba dañándose por los esfuerzos que se crean en el punto de apoyo (Rubio, 2016).

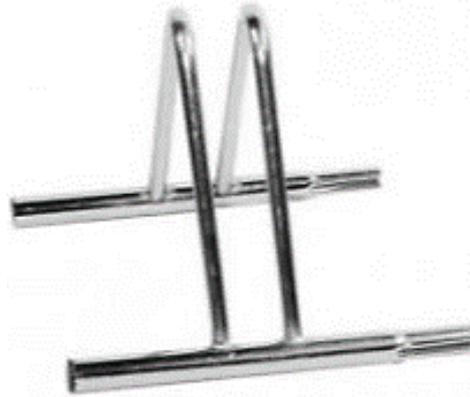


Figura 4. Soporte de Rueda
Fuente: (Rubio, 2016)

4.1.2.5.2 *Tipo Onda.*

Aunque ocupa poco espacio su capacidad es indeterminada, presenta problemas de diseño y funcionalidad para aparcar la bicicleta, su diseño se puede observar en la **Figura 5** (Guevara, 2018).

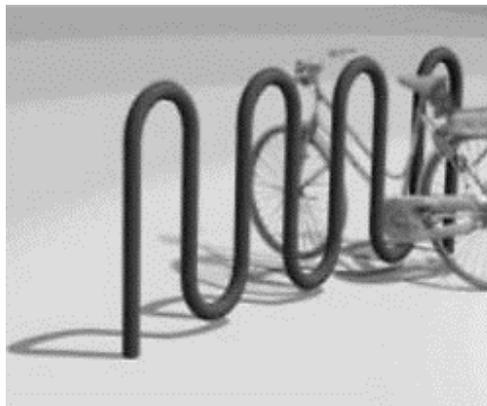


Figura 5. Estacionamiento tipo Onda
Fuente: (Guevara, 2018)

4.1.2.5.3 *Tipo tostador.*

Generalmente son diseñados con una capacidad de diez bicicletas intercaladas, implementadas especialmente en aceras sobre ejes comerciales y en estacionamientos públicos y privados. Este tipo de estacionamiento se puede observar en la **Figura 6**, este tipo de infraestructura presenta problemas de estabilidad, diseño y funcionalidad (Cubides & Talero, 2021).

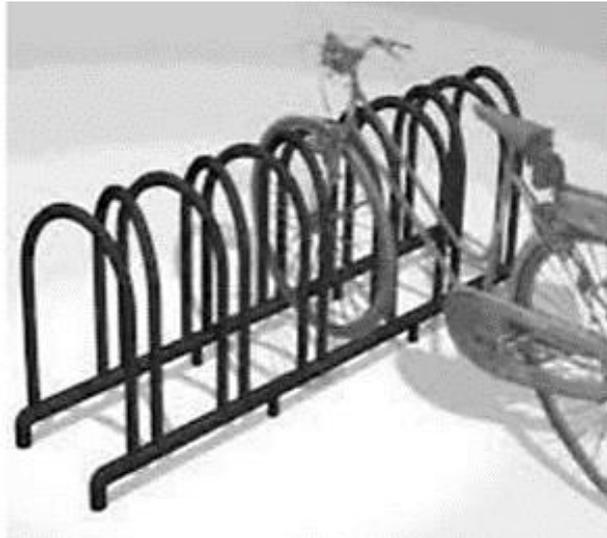


Figura 6. Estacionamiento tipo Tostador
Fuente: (Guevara, 2018)

4.1.2.5.4 *Tipo “post and loop” o círculo.*

Es un modelo de estacionamiento sencillo, práctico y seguro, requiere de un solo punto de anclaje optimizando espacio como se puede observar en la **Figura 7**, para protegerlo de la intemperie requiere una infraestructura de cobertura (C. Pardo et al., 2013).



Figura 7. Estacionamiento tipo "Post and Loop"
Fuente: (C. Pardo et al., 2013)

4.1.2.5.5 *Tipo hojas.*

Es un diseño ideal para instalar en plazas y parques. Su implementación se sugiere equipada con un tótem informativo donde se dan recomendaciones generales de seguridad y los cuidados de la bicicleta. En caso de no incorporar el tótem se debe implementar el bastidor con láminas. La configuración formal del diseño se observa en la **Figura 8**, al presentarse como un elemento natural (rama de hojas), asocia ideas como la preservación del ambiente, ecología y sostenibilidad (Dirección de tránsito de Bucaramanga, 2017).



Figura 8. Estacionamiento tipo Hojas
Fuente: (Dirección de tránsito de Bucaramanga, 2017)

4.1.2.5.6 *Tipo U invertida.*

Es el modelo más sencillo, práctico y seguro, por tal motivo es uno de los más utilizados. Ocupa poco espacio, fácil de construir e instalar, su capacidad es para dos bicicletas, una a cada lado de la U invertida como se observa en la **Figura 9**. Su diseño incorpora tres tipos de bastidores, una U-Invertida con un mástil tubular que incluye la señalización vertical, otra con una lámina inferior para ubicar la identidad gráfica institucional y otra simple sin láminas o prolongaciones siendo ésta la propuesta más universal y versátil por su forma geométrica simple (Dirección de tránsito de Bucaramanga, 2017).



Figura 9. Estacionamiento tipo U Invertida
Fuente: (Dirección de tránsito de Bucaramanga, 2017)

4.1.2.5.7 *Estacionamiento de corto plazo.*

Debe estar localizado en un sitio fácilmente visible y accesible desde el exterior del inmueble (rampa de acceso). Ubicado en el ángulo visual de las cámaras o de los guardias de

seguridad institucionales para desmotivar a los delincuentes y asegurar el uso adecuado. De preferencia el cicloparqueadero (**Figura 10**) deberá estar a buen recaudo de las inclemencias del tiempo (sol, lluvia), a fin de alargar su vida útil (Mejía, 2014).



Figura 10. Estacionamiento a corto plazo
Fuente: (C. Pardo et al., 2013)

4.1.2.5.8 *Estacionamiento de largo plazo.*

Puede ser ubicado en un sitio interno de las instalaciones, en un espacio seguro, de manera preferente, se procurará que sea un área destinada exclusivamente para bicicletas como se observa en la **Figura 11**. Dependiendo de las condiciones del inmueble, puede estar ubicado como parte del área de estacionamiento vehicular, utilizar en la medida de lo posible la plaza de estacionamiento más cercana al ingreso desde la calle y al guardia de seguridad (Secretaría de Gestión Inmobiliaria del Sector Público, n.d.).



Figura 11. Estacionamiento a largo plazo
Fuente: (C. Pardo et al., 2013)

4.1.2.5.9 *Estacionamiento de varios pisos.*

Tiene como característica la optimización de espacios por medio de una planta base que sostiene una segunda que aparca el mismo número de bicicletas que están en la planta baja,

como se observa en la **Figura 12**. Las bicicletas que están en el piso son ancladas desde su llanta delantera dejando expuesto el resto de la bicicleta a cualquier tipo de vandalismo, la planta superior tiene un sistema de sujeción a las dos llantas que aseguran la bicicleta, la parte de atrás de este tipo de sujeción es retráctil.



Figura 12. Estacionamiento de varios pisos
Fuente: (Gutiérrez, 2018)

4.1.2.5.10 *Estacionamiento de pared.*

Consta de una estructura que sostiene la llanta delantera de la bicicleta permitiendo tener un espacio entre esta base y la llanta para ser asegurada, el resto de la bicicleta queda posada sobre la pared, optimizando y aprovechando el espacio tal como se observa en la **Figura 13**. Se requiere de una herramienta externa para asegurar la bicicleta, su uso es muy sencillo para el usuario.



Figura 13. Estacionamiento de Pared
Fuente: (Aurora, 2023)

4.1.2.5.11 *Estacionamiento vertical.*

Este cicloparqueadero es diseñado en forma de cubículos individuales donde cada uno de estos tienen una percha en su parte superior con el fin de enganchar la llanta delantera y

aprovecha su pared frontal como punto de apoyo para el resto de la bicicleta. Sus instalaciones son más utilizadas para bicicletas eléctricas que requieran de largos periodos de aparcamiento, este tipo de estacionamiento se puede observar en la **Figura 14** (Gutiérrez, 2018).



Figura 14. Estacionamiento tipo Vertical
Fuente: (Gutiérrez, 2018)

4.1.2.5.12 *Estacionamiento entechado.*

Está conformado por un techo anclado a tierra por dos bases, su superficie acrílica por su forma permite guiar al agua a la mitad del techo que hace las veces de canal evitando que la bicicleta sea afectada por la lluvia, este tipo de estacionamiento se observa en la **Figura 15** (Gutiérrez, 2018).



Figura 15. Estacionamiento Entechado
Fuente: (emaze, 2024)

4.1.2.5.13 *Estacionamiento colectivo.*

El estacionamiento colectivo (**Figura 16**) consta de una estructura metálica separada por diferentes barrotes en forma de triángulos, permitiendo el aparcamiento de varias bicicletas a la vez (Gutiérrez, 2018).



Figura 16. Estacionamiento colectivo
Fuente: (INOPLAY, 2024)

4.1.2.5.14 *Estacionamiento automático.*

El estacionamiento automático (**Figura 17**) se puede configurar con acceso restringido mediante una aplicación o una tarjeta de acceso, de modo que solo personas específicas puedan usarlo. Tienen la posibilidad de carga de bicicletas eléctricas (bikeep, 2022).



Figura 17. Estacionamiento Automático
Fuente: (bikeep, 2022)

4.2 **Capítulo II: Diseño y dimensionamiento del cicloparqueadero**

4.2.1 *Normativa*

Una norma es un conjunto de especificaciones para partes, materiales o procesos establecidos con la finalidad de lograr uniformidad, eficiencia y cantidad especificada. Uno de los propósitos importantes de una norma es poner un límite al número de artículos en las especificaciones para proporcionar un inventario razonable de herramientas, tamaños, formas y variedades (Budynas & Keith, 2008).

Para la colocación del poste que lleva la señal vertical se realiza conforme a lo establecido por la NORMA INEN, que, en su parte pertinente, menciona:

“5.8.3.5 Altura en zona urbana. En vías con aceras, para evitar obstrucciones a los peatones, la altura libre de la señal no debe ser menor a dos metros desde la superficie de la acera hasta el borde inferior de la señal para reducir la interferencia que pueden ocasionar vehículos estacionados”, la **Figura 18** muestra los detalles mencionados (Secretaría de Gestión Inmobiliaria del Sector Público, n.d.).

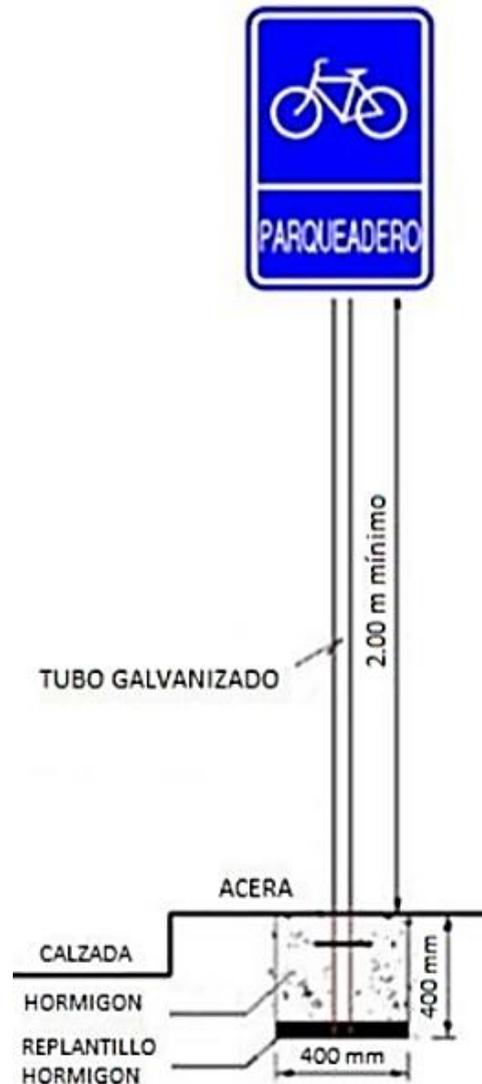


Figura 18. Altura en zona Urbana

Fuente: (Secretaría de Gestión Inmobiliaria del Sector Público, n.d.)

4.2.1.1 Área requerida para cicloparqueaderos.

Las áreas requeridas para los cicloparqueaderos se definen de acuerdo a los diferentes tipos de mobiliario existentes; entre ellos se seleccionan únicamente dos modelos, uno fijo y otro móvil. Para el modelo fijo tomando en consideración las dimensiones mínimas, un estacionamiento de cinco amarraderos (tubos) cuya capacidad es de diez bicicletas debe tener

dimensiones de 3,20 m x 4,40 m, considerando el espacio necesario de 1,20 m para la circulación como se puede observar en la **Figura 19** (Mejía, 2014).

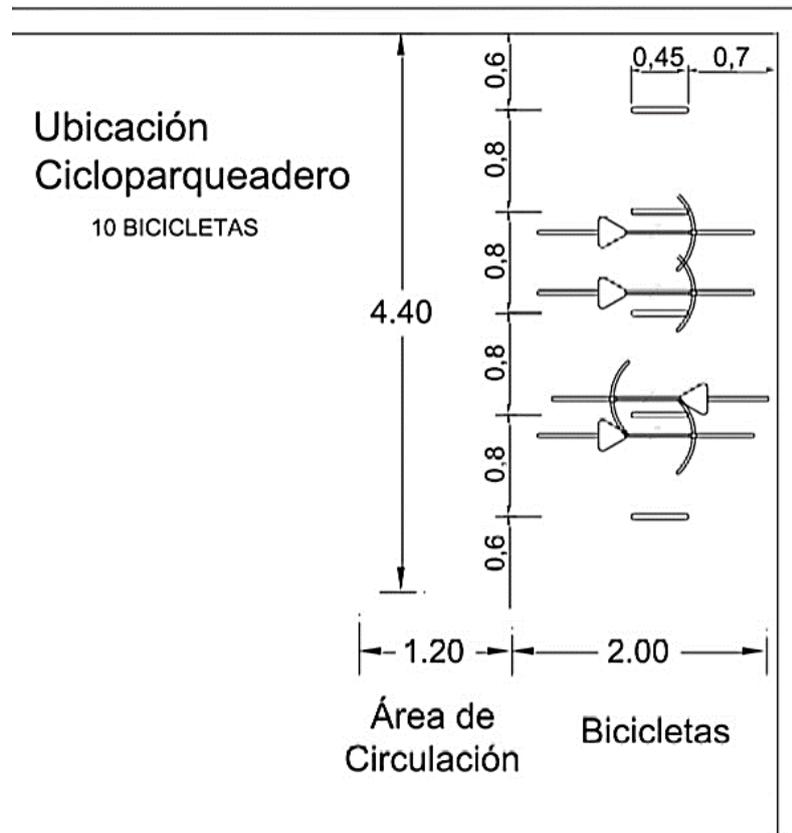


Figura 19. Área requerida de Cicloparqueadero
Fuente: (Secretaría de Gestión Inmobiliaria del Sector Público, n.d.)

La norma técnica ecuatoriana INEN 2314 en su apartado “5.4.10.6” indica que los cicloparqueaderos deben permitir el libre paso de las personas, sugiere que se consideren los criterios de ubicación y diseño que se exponen en la **Figura 20**, **Figura 21** y **Figura 22** (INEN, 2017).



Figura 20. Primer criterio de ubicación del cicloparqueadero
Fuente: (INEN, 2017)

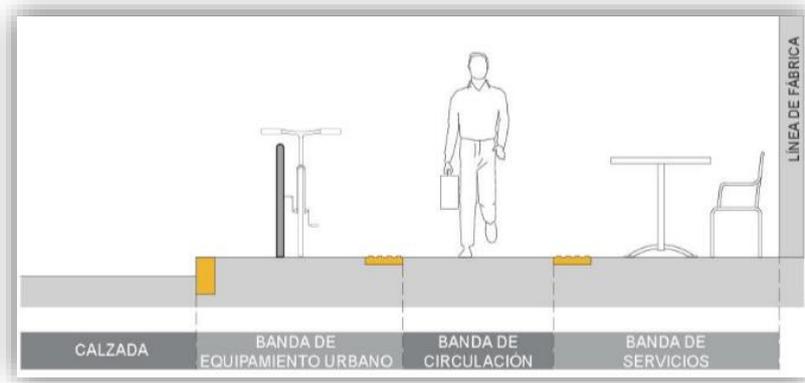


Figura 21. Segundo criterio de ubicación del cicloparqueadero
Fuente: (INEN, 2017)



Figura 22. Tercer criterio de ubicación del cicloparqueadero
Fuente: (INEN, 2017)

En la ciudad de Loja, el municipio de Loja mediante ordenanza N° 031-2021; regula el uso de la bicicleta y afines como medios de transporte sostenibles en el cantón Loja en su apartado correspondiente al capítulo VII, artículos 16, 17 y 18 mencionan lo siguiente:

Art. 16.- Las entidades públicas y privadas que presten servicios de atención al público deben contar con estacionamientos de bicicletas en una proporción no menor al 5 % del área total destinada a estacionamientos de vehículos automotores.

Art. 17.- Los criterios para la creación de estacionamientos para bicicletas son: seguridad, espacio público, facilidad de uso, diseño, durabilidad, mantenimiento y localización.

Art. 18.- Parqueaderos para bicicletas en edificios públicos, escuelas y colegios (Municipio de Loja, 2021).

4.2.2 Métodos para la selección de materiales

Los métodos para la selección de materiales se basan en una serie de parámetros entre físicas, mecánicas, térmicas, eléctricas y de fabricación que determinan la utilidad técnica de

un material. Los parámetros de mayor relevancia son mostrados en la **Tabla 1** (González, 2004).

Tabla 1. Lista de propiedades de los materiales

Propiedades insensibles a la microestructura	Propiedades sensibles a la microestructura	Otras Propiedades
Coefficiente de expansión térmica lineal	Resistencia, (a la fluencia, a la tracción, etc)	Facilidad para tratar térmicamente
Temperatura de transición vítrea	Fatiga y propiedades cíclicas, fatiga por corrosión	Facilidad de colado
Densidad	Ductilidad	Conformabilidad
Módulo de elasticidad	Tenacidad a la fractura	Maquinabilidad
Conductividad térmica	Termofluencia	Soldabilidad
Punto de fusión	Impacto	
Corrosión uniforme	Dureza	
Costo por unidad de masa		

Debido al alto número de factores que afectan la selección de materiales, el diseñador debe determinar las propiedades más relevantes para la aplicación que se tiene y con base en ellas se procede a la selección. A continuación, se describe tres métodos para la selección de materiales (González, 2004).

4.2.2.1 Método tradicional.

Este método permite escoger el material que se crea más adecuado, fundamentado en la experiencia. Este método también es conocido como materiales de ingeniería de partes similares. El método mantiene buena aceptación debido a las siguientes razones:

- ✓ El diseñador se siente seguro con un material usado y ensayado.
- ✓ En algunos casos esto contribuye a la estandarización del stock.
- ✓ Las características de proceso del acero son bien conocidas.
- ✓ La disponibilidad del acero está asegurada.
- ✓ Generalmente en un gran porcentaje de partes se usan aceros baratos, sin tratamiento térmico, evitando pérdida de tiempo en ensayos y procesos.

Sin embargo, el uso de este método en ocasiones conduce a serios problemas ya que no se hace un estudio real del ambiente de trabajo del componente o equipo, el cual puede ser decisivo a la hora de escoger el material (González, 2004).

4.2.2.2 Método gráfico.

Este método hace uso de gráficas, conocidas también como mapas de materiales, en las que se relacionan por pares ciertas propiedades de los materiales. Este método fue diseñado exclusivamente para ser utilizado durante la etapa conceptual de la selección de materiales. En estos mapas se puede hacer una aproximación del material más adecuado (perteneciente a una

determinada familia de materiales), con base en la relación de las propiedades más importantes que debe poseer el componente.

Por lo general rara vez el comportamiento de un componente depende solo de una propiedad. De igual manera, diagramas como los de Ashby muestran que las propiedades de las diferentes clases de materiales pueden variar en amplios intervalos (dependiendo del estado de estos), formando grupos que se ubican en áreas cerradas, zonas o campos en tales diagramas. Eso significa que una misma familia de materiales puede tener una apreciable variación en sus propiedades, generando un campo o zona en los mapas. En estos mapas se relacionan entre otras, propiedades como resistencia, módulo de elasticidad, densidad, tenacidad, conductividad térmica, difusividad, expansión y costos (González, 2004).

4.2.2.2.1 *Método de selección de materiales Ashby.*

Este método radica principalmente en la optimización del proceso de diseño basándose en la selección más apropiada de material para la aplicación establecida. La **Figura 23** muestra la interacción entre función, material, forma y proceso, que es el problema central de la selección de materiales en el diseño mecánico (López Beltrán & Torres S, 2002).

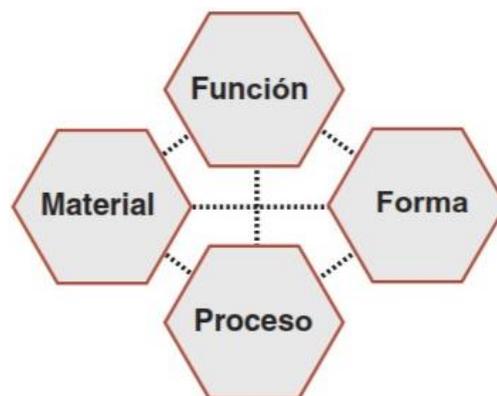


Figura 23. Metodología Ashby para optimizar la fase de diseño
Fuente: (Ashby, 2005)

La selección de un material y un proceso no pueden separarse de la elección de la forma. Se usa la palabra “forma” para incluir la forma externa (macroforma) y, de ser necesario la forma interna (microforma) como en un panal o estructura celular. Para lograr la forma, el material se somete a procesos de fabricación, incluyendo procesos de conformación primaria (como fundición y forjado), procesos de eliminación de material (mecanizado, taladrado), procesos de acabado (pulido) y procesos de unión (por ejemplo, soldadura). La función dicta la elección tanto del material como de la forma. El proceso está influenciado por el material, por su formabilidad, maquinabilidad, soldabilidad, tratamiento térmico, etc. El proceso obviamente interactúa con la forma: el proceso determina la forma, el tamaño, la precisión y, por supuesto, el costo. Las interacciones son bidireccionales: la especificación de la forma

restringe la elección del material y del proceso; pero igualmente la especificación del proceso limita los materiales que se pueden utilizar y las formas que pueden adoptar. Cuanto más sofisticado es el diseño, más estrictas son las especificaciones y mayores son las interacciones (Ashby, 1999).

Para utilizar el método de Ashby se debe tener en cuenta algunos conceptos básicos como:

➤ **Densidad**

La densidad se puede ver como la masa por unidad de volumen. En el SI (sistema internacional) la densidad se da en kilogramos por metro cúbico mientras que el sistema inglés, la densidad se da en libras-masa por pulgada cúbica. Las densidades más comunes de los materiales sólidos se sitúan entre 10^3 y 10^4 kg/m^3 (Hamrock et al., 2000).

➤ **Módulo de Young**

El módulo de Young (E) también se denomina módulo de elasticidad del material involucrado. El módulo E se expresa en las mismas unidades que el esfuerzo (σ), es decir, en pascuales o en uno de sus múltiplos si se emplean unidades del SI, y en psi o ksi si se emplean unidades americanas, esto debido a que la deformación (ϵ) es una cantidad adimensional (Beer et al., 2010).

➤ **Coefficiente de Poisson**

Esta constante tiene un valor numérico que es único para cada material particular que sea homogéneo e isotrópico (Hibbeler, 2011).

➤ **Resistencia a la Fatiga**

Es la capacidad que presenta el material para resistir cargas cíclicas a fatiga. Es el esfuerzo que puede aguantar el material durante un número de ciclos (Ikastaroak, 2023).

➤ **Límite de tracción**

Es un índice de propiedades mecánicas de un material metálico obtenido mediante una prueba de tracción uniaxial. Representa la capacidad de un material metálico para resistir la deformación y el daño bajo fuerzas externas (Husteel Industry Group, 2017).

➤ **Límite elástico**

Es una de las propiedades mecánicas más importantes de los materiales metálicos. El límite elástico representa la resistencia del material metálico a la deformación plástica inicial (Husteel Industry Group, 2017).

Los requisitos que debe cumplir el material a seleccionar son los siguientes:

- Resistente a la torsión y a la fatiga.

- Resistente a la corrosión.
- Resistente a impactos.
- Baja densidad.
- Económico.
- Rígido.

Los mapas de Ashby para la selección del material de ingeniería si indican a continuación, donde la **Figura 24** representa la gráfica densidad vs módulo de Young, la **Figura 25** representa la gráfica densidad vs límite elástico, la **Figura 26** representa la gráfica del costo relativo por unidad de volumen vs módulo de Young, finalmente la **Figura 27** representa la gráfica del costo relativo por unidad de volumen vs el límite elástico (Herrera Ordóñez, 2022).

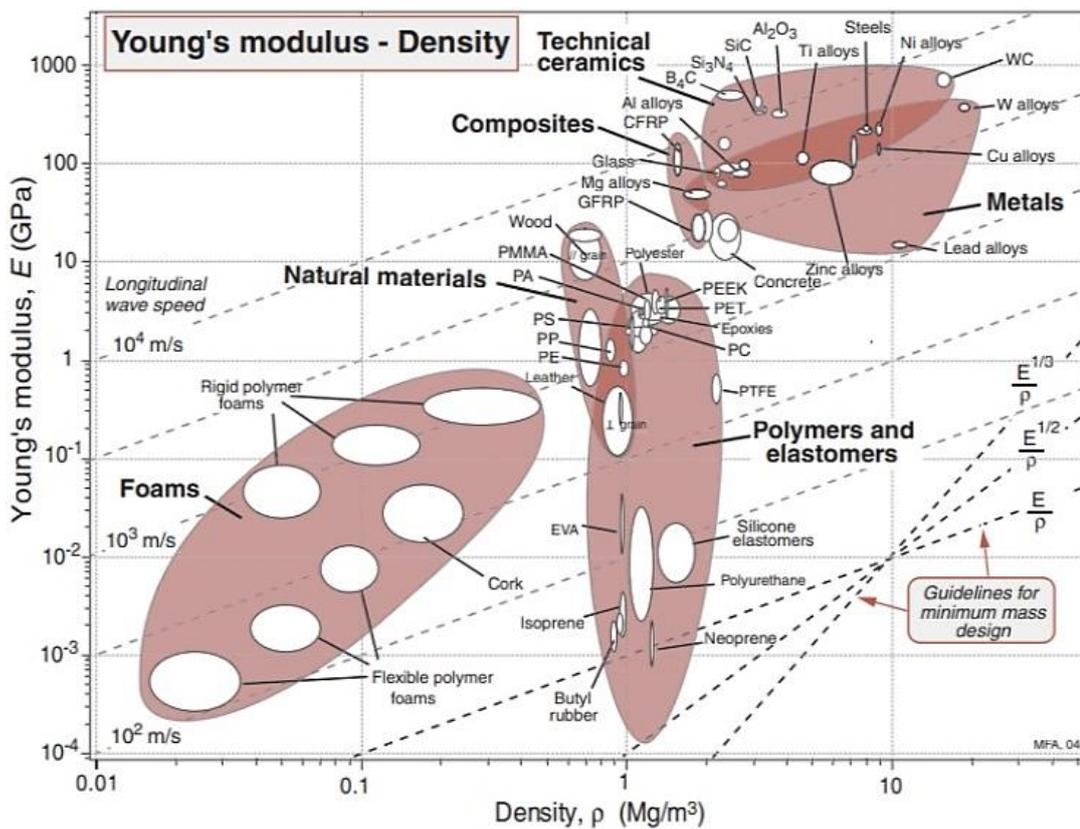


Figura 24. Gráfica del módulo de Young (E) – densidad (ρ)
Fuente: (Ashby, 2005)

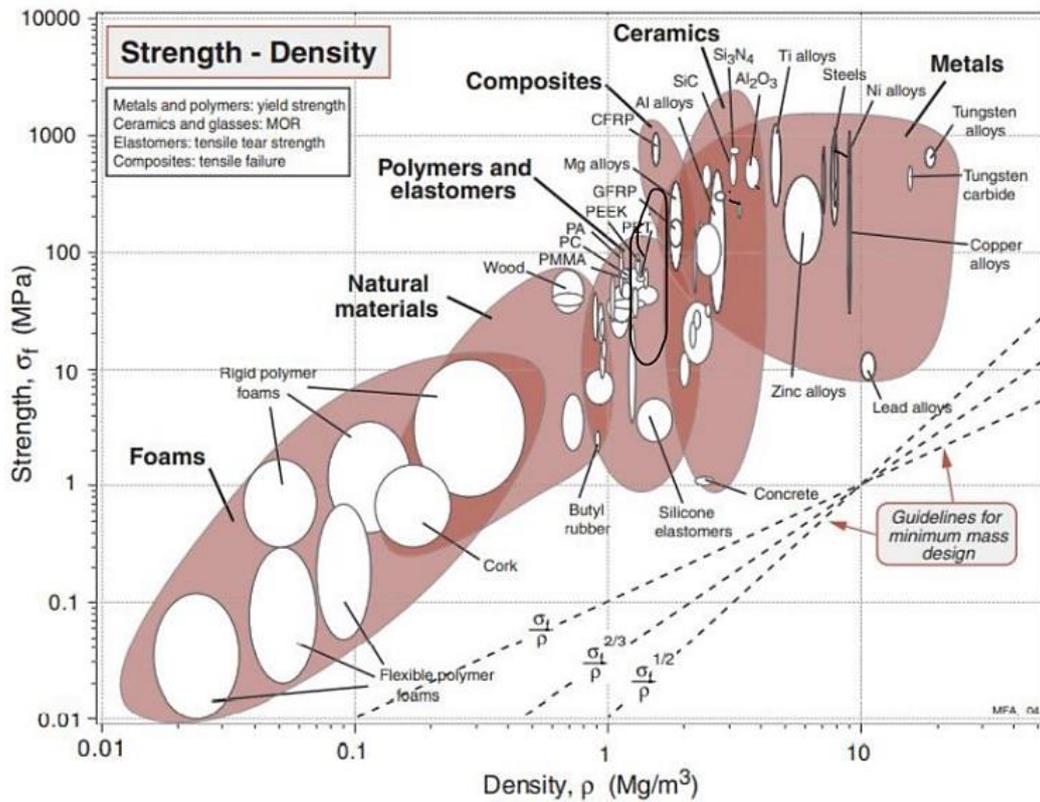


Figura 25. Gráfica del límite elástico (σ_f) – densidad (ρ)
Fuente: (Ashby, 2005)

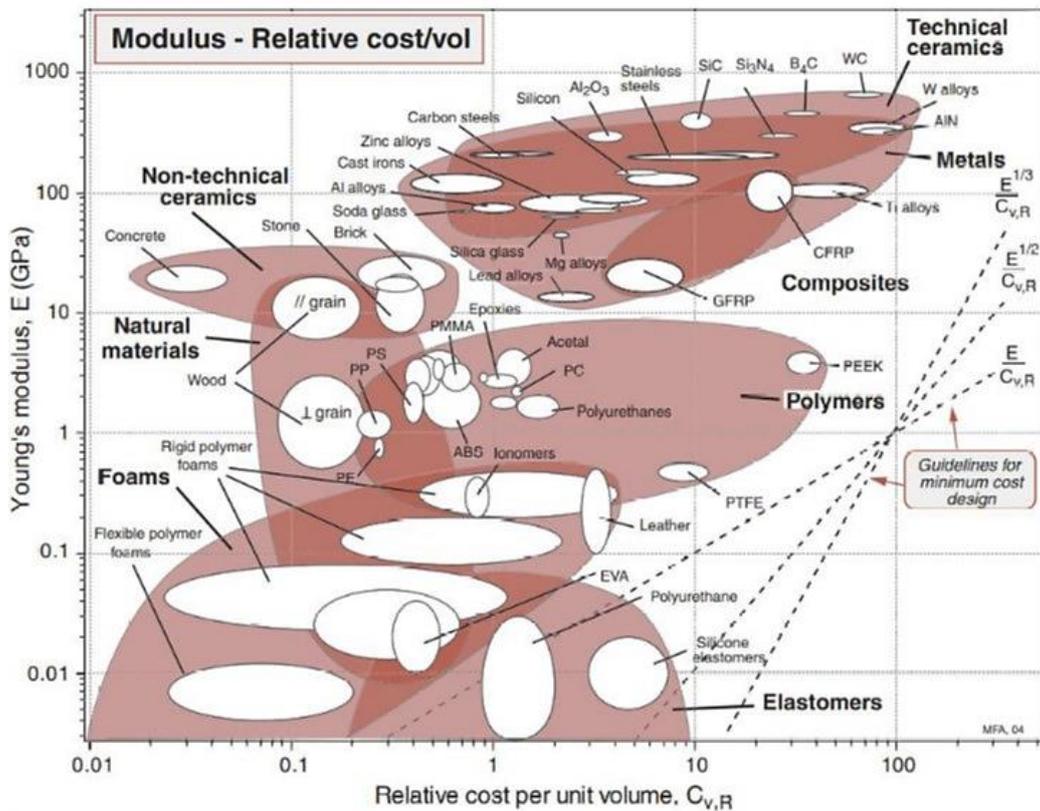


Figura 26. Gráfica del módulo de Young (E) – costo relativo por unidad de volumen ($C_{v,R}$)
Fuente: (Ashby, 2005)

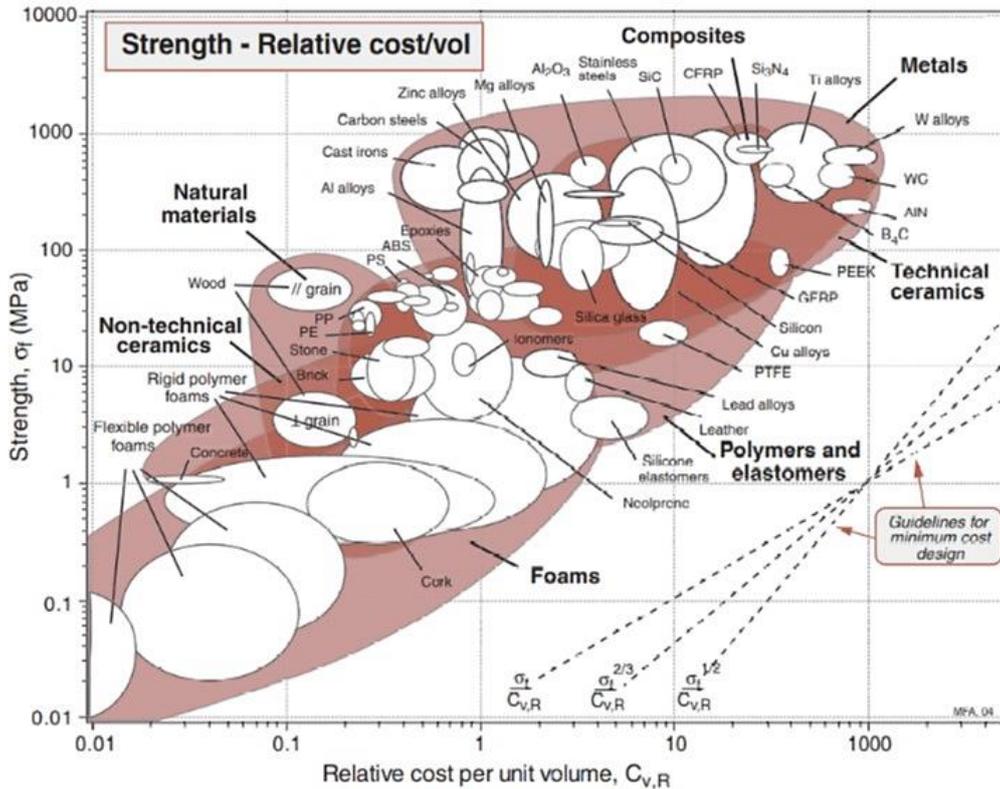


Figura 27. Gráfica del límite elástico (σ_f) – costo relativo por unidad de volumen ($C_{v,R}$)
Fuente: (Ashby, 2005)

4.2.2.3 Método con ayuda de bases de datos.

En el internet se encuentra una amplia gama de bases de datos sobre materiales, que han sido construidas para comercialización libre o son distribuidas por vendedores de materiales. Estas bases de datos son el resultado de investigaciones en ensayos de materiales. Básicamente estas bases de datos se dividen en dos categorías; numéricas y literarias o de referencias bibliográficas. Las principales bases de datos son el banco de datos de la ASTM, la SAE, la ASM, la AISI, la NASA, etc. Una base de datos pública que ha adquirido gran importancia por la cantidad de datos y variedades de materiales que maneja es la página web denominada MatWeb (González, 2004).

4.2.3 Análisis estructural

El análisis estructural muestra resultados que incluyen los diagramas de esfuerzos internos (cortante, momento flector, esfuerzo axial, torsión y tensiones), reacciones, deformaciones producidas por las diferentes combinaciones de cargas (Buildsoft, 2024).

4.2.3.1 Diseño del eje.

Un eje es un miembro rotatorio o estacionario, usualmente tiene una sección transversal circular mucho más pequeña en el diámetro que en su longitud misma y tiene montados elementos que transmiten potencia, tales como engranajes, poleas, bandas, cadenas, levas,

volantes, manivelas, ruedas dentadas y cojinete de elementos rodantes. La carga sobre el eje puede ser de varias combinaciones de flexión; de torsión; de cortante de choque, axial, normal o transversal (Hamrock et al., 2000).

El procedimiento general para el diseño de ejes es detallado a continuación (Hamrock et al., 2000).

- 1) Desarrollar un diagrama de cuerpo libre reemplazando los diversos elementos de máquinas montados sobre el eje por su carga estáticamente equivalentes o componentes de torsión.
- 2) Dibujar un diagrama de los momentos flexionantes en los planos $(x - y)$ y $(x - z)$, el momento interno resultante en cualquier sección a lo largo del eje se expresa en la ecuación (1):

$$M_F = \sqrt{(M_{x-y})^2 + (M_{x-z})^2} \quad (1)$$

- 3) Desarrollar un diagrama de los pares de torsión. El par de torsión que se desarrolla de un elemento transmisor de potencia debe balancear el par de torsión de los otros elementos transmisores de potencia. La ecuación (2) se utiliza para calcular el momento torsor:

$$M_T = T = F * d \quad (2)$$

Donde:

M_T : Par de torsión [Nm]

F : Fuerza [N]

d : Distancia [m]

- 4) Se establece la localización de la sección transversal crítica o la localización x donde el par de torsión y el momento son mayores.
- 5) Para materiales dúctiles se usa la teoría del esfuerzo cortante máximo (MSST) expresada en la ecuación (3) o la teoría de la energía de distorsión (DET) expresada en la ecuación (4).

Teoría del esfuerzo cortante máximo:

$$\phi_{eje_mín} = \sqrt[3]{\left(\frac{32 * \eta_s}{\pi * \sigma_y}\right) \left(\sqrt{(M_T)^2 + (M_F)^2}\right)} \quad (3)$$

Teoría de la energía de distorsión:

$$\phi_{eje_mín} = \sqrt[3]{\left(\frac{32 * \eta_s}{\pi * \sigma_y}\right) \left(\sqrt{\frac{3}{4}(M_T)^2 + (M_F)^2}\right)} \quad (4)$$

Donde:

$\phi_{eje_mín}$: Diámetro mínimo del eje [m]

η_s : Coeficiente de seguridad [adimensional]

σ_y : Esfuerzo normal de fluencia máximo del material [Pa]

M_T : Par de torsión o Momento torsor [Nm]

M_F : Momento flector [Nm]

- 6) Para materiales frágiles se usa la teoría del esfuerzo normal máximo (MNST) que se expresa en la ecuación (5), la teoría de la fricción interna (IFT) o la teoría modificada de Mohr (MMT) expresada en la ecuación (6).

Teoría del esfuerzo normal máximo:

$$\sigma_1 \geq S_{ut}/\eta_s \quad (5)$$

Teoría de la fricción interna:

$$\frac{\sigma_1}{S_{ut}} - \frac{\sigma_3}{S_{uc}} = \frac{1}{\eta_s} \quad (6)$$

Donde:

S_{ut} : Resistencia a la fractura en tensión [Pa]

S_{uc} : Resistencia a la fractura en compresión [Pa]

η_s : Coeficiente de seguridad [adimensional]

4.2.3.1.1 Ángulo de giro en el rango elástico.

Se deduce una relación entre el ángulo de giro (ϕ) de un eje circular y el par de torsión (T) ejercido sobre el eje. Se supondrá que la totalidad del eje permanecerá elástica, se expresa la ecuación (7) para encontrar el ángulo de giro expresado en radianes (Beer et al., 2010).

$$\phi = \frac{T * L}{J * G} \quad (7)$$

Donde:

ϕ : Ángulo de giro [rad]

T : Par de torsión [Nm]

L : Longitud total del eje [m]

J : Segundo momento polar del área [m⁴]

G : Módulo de rigidez [Pa]

4.2.3.1.2 Segundo momento polar del área.

El segundo momento polar del área para una sección circular sólida es calculado mediante la ecuación (8) (Budynas & Keith, 2008).

$$J = \frac{\pi * (\phi_{eje})^4}{32} \quad (8)$$

Donde:

ϕ_{eje} : Diámetro del eje calculado [m]

4.2.3.1.3 Módulo de rigidez.

El módulo de rigidez se obtiene mediante la ecuación (9) (Beer et al., 2010):

$$G = \frac{E}{2(1 + \gamma)} \quad (9)$$

Donde:

E : Módulo de elasticidad del material [GPa]

γ : Coeficiente de Poisson [*adimensional*]

4.2.3.1.4 Coeficiente de seguridad.

Mott (2006) plantea que el coeficiente de seguridad o factor de diseño es una medida de la seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga.

Para materiales dúctiles se tiene:

$\eta_s = 1,25$ a 2 : diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza de todos los datos de diseño.

$\eta_s = 2$ a $2,5$: diseño de elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño.

$\eta_s = 2,5$ a 4 : diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas.

4.2.3.1.5 Esfuerzo cortante máximo.

En la sección transversal se desarrollan esfuerzos cortantes. Para una barra sólida circular en torsión, estos esfuerzos son proporcionales al radio y están dados por la ecuación (10) (Budynas & Keith, 2008).

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{T * c}{J} \quad (10)$$

Donde:

$\tau_{m\acute{a}x}$: Esfuerzo cortante máximo [N/m^2]

T : Par de torsión [Nm]

c : Radio [m]

J : Segundo momento polar de inercia [m^4]

4.2.3.2 Rodamientos.

Las exigencias más importantes del diseño de rodamientos son: larga duración de servicio, alta fiabilidad y rentabilidad (FAG, 2000).

La técnica de rodamientos se distingue entre sollicitación dinámica y sollicitación estática. El catálogo FAG (2000) dimensiona los rodamientos bajo las siguientes consideraciones:

➤ Rodamientos sollicitados estáticamente

Una sollicitación estática tiene lugar si el movimiento relativo entre los aros de los rodamientos es nulo o muy lento ($n < 10 \text{ min}^{-1}$).

Se calcula el factor de esfuerzos estáticos f_s con la ecuación (11), para demostrar que se ha elegido un rodamiento con suficiente capacidad de carga.

$$f_s = \frac{C_0}{P_0} \quad (11)$$

Donde:

f_s : factor de esfuerzos estáticos [*adimensional*]

C_0 : capacidad de carga estática [kN]

P_0 : carga estática equivalente [kN]

Para rodamientos que deben girar con gran suavidad y facilidad, habrá que elegir un factor de esfuerzos estáticos f_s mayor. Si las exigencias de suavidad de giro son más reducidas, bastan valores más pequeños. En general se pretende conseguir los siguientes valores:

f_s : 1,5 ... 2,5 para exigencias elevadas

f_s : 1,0 ... 1,5 para exigencias normales

f_s : 0,7 ... 1,0 para exigencias reducidas

Para calcular el valor de la carga estática equivalente se utiliza las ecuaciones (12) y (13) expresadas de la siguiente forma:

Para $\frac{F_a}{F_r} \leq 0,8$

$$P_0 = F_r \quad (12)$$

Para $\frac{F_a}{F_r} > 0,8$

$$P_0 = 0,6 * F_r + 0,5 * F_a \quad (13)$$

Donde:

F_r : carga radial [kN]

F_a : carga axial [kN]

➤ Cálculo de vida ampliada

El método de cálculo de vida ampliada considera las recomendaciones de DIN ISO 281. Se tienen en cuenta los efectos de la magnitud de la carga, el espesor de la película lubricante, los aditivos del lubricante, la contaminación en el intersticio de lubricación y tipo de rodamiento.

Este método de cálculo también confirma que los rodamientos tienen vida ilimitada bajo las siguientes condiciones:

- ✓ Máxima limpieza en el intersticio correspondiente a $V = 0,3$
- ✓ Separación completa de las superficies de rodamientos por la película lubricante.
- ✓ Solicitación a carga correspondiente a $f_s \geq 8$

4.2.3.3 Pernos de anclaje.

Se fabrican con una barra redonda con rosca en uno o los dos extremos, dependiendo si este es recto o con un extremo curvado, con forma de L, J o U (abrazadera), se utiliza comúnmente en muros, pisos de hormigón u otros elementos constructivos, para la fijación o sujeción de maquinarias o estructuras, construcción en general, edificios, casas, puentes y todo tipo de obras civiles y obras viales (MULTIPERNOS, 2023).

4.2.4 Componentes eléctricos y electrónicos

4.2.4.1 Equipos Biométricos.

El equipo biométrico es un dispositivo electrónico que utiliza características físicas o comportamentales únicas de un individuo para identificarlo o autenticarlo. Estas características pueden incluir huellas dactilares, reconocimiento facial, escaneo de iris, voz, entre otras. Los sistemas biométricos son comúnmente utilizados para mejorar la seguridad y la autenticación en diversas aplicaciones, como el acceso a edificios, dispositivos móviles, sistemas informáticos, y también en aplicaciones más amplias como la identificación civil o en sistemas de control de asistencia. Existen diferentes marcas de equipos biométricos, por la versatilidad que dispone la marca Zkteco como también la marca Hikvision, por cuanto este tipo de equipos son compatibles con diferentes métodos de identificación, como huellas dactilares, tarjetas de proximidad y contraseñas, además de brindar flexibilidad y opciones adicionales para adaptarse a necesidades específicas se describe las características específicas de los siguientes modelos:

➤ **ZK-X7 ID (B1)**

Es un equipo con tecnología de huella digital y lectura de tarjetas RFID. Ideal para satisfacer necesidades básicas de control de accesos. Puede operar de manera autónoma conectada a una cerradura eléctrica (ZKTeco, 2020).

➤ **SpeedFace-V4L (B2)**

Es una terminal de control de acceso biométrico híbrido basado en Linux, terminal de tiempo y asistencia con reconocimiento facial visible light y reconocimiento de palma (ZKTeco, 2024).

➤ **DS-K1A802MF (B3)**

Es un dispositivo autónomo que cuenta con el teclado, lector RFID y lector de huellas dactilares. Este dispositivo puede funcionar autónomamente o como parte de un sistema de alarma (HIKVISION, 2023).

4.2.4.2 Cerraduras eléctricas.

Una cerradura eléctrica es un dispositivo electromecánico que se utiliza para controlar el acceso a un espacio o propiedad. Su funcionamiento es mediante una combinación de componentes electrónicos y mecánicos para asegurar o liberar el mecanismo de cierre (NOVELEC, 2023).

4.2.4.2.1 *Bobina o Solenoide.*

El componente principal es un solenoide electromagnético. Cuando se aplica corriente eléctrica a la bobina, genera un campo magnético que mueve el núcleo del solenoide, liberando así el mecanismo de bloqueo.

4.2.4.2.2 *Mecanismo de cierre.*

Este mecanismo puede ser un pestillo o perno que se desplaza dentro de la cerradura. Cuando la cerradura está en modo bloqueado, este componente impide que la puerta se abra.

4.2.4.2.3 *Controlador electrónico.*

Este componente es el cerebro de la cerradura. Controla cuando aplicar corriente a la bobina del solenoide. Puede estar programado para responder a diferentes señales, como una llave electrónica, una tarjeta magnética, un código PIN o incluso comandos remotos a través de una red.

4.2.4.3 Tipos de cerraduras.

➤ **Cerradura eléctrica 1000S – Travex sin pulsador**

Cerradura de sobreponer eléctrica con doble bobina cuenta con un cilindro sólido de bronce. Las características técnicas más relevantes se detallan a continuación (Travex, 2023).

Voltaje de operación: 12 V DC

Corriente de trabajo: 1,5 – 3 A

Potencia: 12 W

Dimensiones: 130 x 105 x 39 mm

Peso: 1670 gr

Marca: Travex

➤ **Cerradura eléctrica V05 con pulsador**

Cerradura de doble bobina sustituible que distribuye la carga de manera uniforme y garantiza gran fiabilidad en el tiempo, su instalación se recomienda de forma horizontal. A continuación, se mencionan las principales características (Viro, 2023).

Voltaje de operación: estándar 12 V DC

Dimensiones: 127,5 x 103,5 x 37 mm

Peso: 1500 gr

Marca: Viro

➤ **Cerradura electromagnética con solenoide 12 V DC**

A diferencia de las dos cerraduras antes mencionadas, esta no cuenta con llave manual ya que su activación es únicamente mediante un pulso eléctrico. Sus especificaciones se detallan a continuación (OEM, 2024).

Voltaje de operación: 12 V DC

Corriente de trabajo: 0,6 A

Potencia: 7,5 W

Dimensiones: 64,45 x 41 x 28 mm

Peso: 145 gr

Marca: OEM

4.2.4.4 Fuente de poder.

Es un dispositivo electrónico comúnmente llamado fuente de alimentación o fuente conmutada. En electrónica se define como el instrumento que transforma corriente alterna en corriente continua en una o varias salidas.

Permite transformar la energía eléctrica de VCA a VCD, puede alimentar a diferentes dispositivos electrónicos, por ejemplo: motor de CD, leds de potencia, tira de leds, cámaras de CCTV, módulos PWM, tarjetas o módulos Arduino, sensores, actuadores, amplificadores, circuitos integrados, etc. (ElectroStore, 2019).

5. Metodología

5.1 Área de trabajo

El proyecto es implementado en las instalaciones de la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja, en el cantón Loja provincia Loja, ubicada al Sur de la ciudad con las siguientes coordenadas: **4° 01' 51,2" S 79° 11' 59" W** como se puede ver en la **Figura 28**.

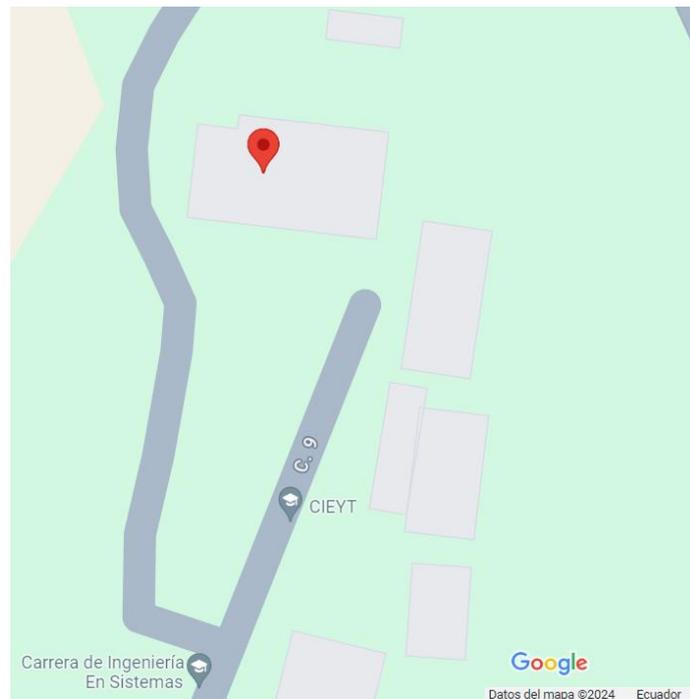


Figura 28. Área de trabajo del proyecto.

5.2 Equipos y materiales

Los equipos y materiales utilizados en el proyecto se detallan a continuación:

5.2.1 Equipos

- ✓ Máquina de soldar
- ✓ Taladro
- ✓ Amoladora
- ✓ Plancha de acero ASTM A36
- ✓ Tubo cuadrado ASTM A36
- ✓ Equipo biométrico SpeedFace-V4L
- ✓ Cerradura electromagnética con solenoide 12 V DC
- ✓ Fuente de poder 12 V
- ✓ Rodamientos 16005

5.2.2 Materiales

- ✓ Recursos humanos
 - Director del Trabajo de Titulación
- ✓ Recursos informáticos
 - Paquete Microsoft office
 - Laptop
 - Internet
 - AutoCAD
 - SolidWorks
 - MDSolids

5.3 Procedimiento

Para la ejecución del presente proyecto se efectúa una revisión de literatura técnica referente a los aparcamientos de bicicletas, se utiliza el método cualitativo para analizar las diferentes formas existentes de aparcamiento de bicicletas en el Ecuador como en otros países que hacen uso de estos tipos de infraestructura. Con el método cuantitativo se analiza la propuesta de diseño e implementación del prototipo haciendo uso de software especializado para identificar posibles falencias en la etapa de dimensionamiento y diseño.

5.3.1 Primer objetivo

Para el cumplimiento del primer objetivo se analizan los diferentes cicloparqueaderos a nivel nacional e internacional, verificando diseños que cumplan los requerimientos mínimos que plantean las normativas. Se identifican parámetros de diseño comunes, identificando diseños funcionales y poco funcionales, así como infraestructura automatizada, información que se incorpora en la propuesta del prototipo propuesto.

5.3.2 Segundo objetivo

La selección de materiales y equipos que conforman el prototipo de un cicloparqueadero automático se realiza considerando varios parámetros entre los cuales se destacan: físicos, mecánicos, eléctricos y de fabricación que determinan la utilidad técnica de un material. Para la correcta selección se consideran las características más relevantes de materiales y equipos para salvaguardar la funcionalidad del prototipo propuesto.

Los criterios más relevantes a considerar para el dimensionamiento del prototipo son, por ejemplo: facilidad de construcción, disponibilidad de materiales y equipos en el mercado nacional, menor costo de construcción, facilidad de operación, confiabilidad de funcionamiento, facilidad de mantenimiento, dimensionado reducido, durabilidad entre otras.

Para la selección del material del prototipo se hace uso del método gráfico; el método de selección de materiales Ashby.

En la selección del equipo de control y seguridad se utiliza un equipo biométrico, este cumple las necesidades y requerimientos del proyecto, considerando el uso de dos metodologías: la metodología de Pugh y la matriz de priorización de Holmes.

Seleccionados los materiales y equipos se procede al planteamiento del diseño obteniendo un diseño que posee planos constructivos y procedimientos de control, operación y montaje.

5.3.3 Tercer objetivo

Obtenido los planos de diseño se procede a la construcción del prototipo de un cicloparqueadero automático.

5.4 Procesamiento y análisis de datos

5.4.1 Primer objetivo: *Diseñar un prototipo de cicloparqueadero de bicicleta considerando normativas nacionales e internacionales.*

Para reconocer la presencia de un cicloparqueadero es importante que exista la señalética que permita identificar fácilmente su ubicación conforme lo establece la norma INEN. Las especificaciones detalladas se las puede observar en la **Figura 18**.

El área requerida para los cicloparqueaderos según el documento de la Secretaria de Gestión Inmobiliaria del Sector Público se observa en la **Figura 19**. La ubicación adecuada de los cicloparqueaderos según la norma técnica ecuatoriana INEN 2314 quedan expuestos en la **Figura 20, Figura 21 y Figura 22**.

5.4.2 Segundo objetivo: *Seleccionar y dimensionar materiales y equipos para un prototipo de cicloparqueadero automático.*

5.4.2.1 Selección y dimensionado de materiales mecánicos.

➤ Selección del material para la estructura del prototipo

Para la selección del material se hace uso de las cuatro gráficas de Ashby indicadas en la sección 4.2.2.2.1, los datos obtenidos se detallan a continuación.

✓ $\rho = 7,8 \text{ Mg/m}^3$

✓ $E = 206,8 \text{ GPa}$

✓ $\sigma_f = 1\ 050 \text{ Mpa}$

✓ $(C_{V,R}) \cong 2$

De las gráficas de Ashby se obtiene que el material a seleccionar es el acero al carbono. En el mercado existen tres tipos de acero al carbono: acero con bajo, medio y alto contenido de carbono. (PANEL, 2024).

➤ **Selección del cicloparqueadero**

Se requiere un modelo que cumpla las necesidades requeridas por el diseñador, para ello se ha preseleccionado tres modelos de estacionamientos para bicicletas los mismos que fueron detallados en la sección 4.1.2.5.

En la **Tabla 2** se presenta las ventajas y desventajas que presentan los modelos de estacionamientos de bicicletas analizados.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de los estacionamientos de bicicletas

Modelo	Ventajas	Desventajas
Estacionamiento de Pared	Optimización de espacio. Facilidad de uso. Costo reducido de construcción.	Requiere de candado extra para asegurar la bicicleta. Requiere de fuerza para levantar la bicicleta.
Estacionamiento Vertical	Protección de la intemperie. No requiere de candado extra.	Requiere de amplio espacio. Elevado costo constructivo.
Estacionamiento Automático	Diseño poco voluminoso. Facilidad de uso.	Elevado costo constructivo.

Para seleccionar el tipo de estacionamiento de bicicletas se elabora una matriz de ponderación, esta matriz consiste en obtener la mejor puntuación para ser considerada como la opción que se debe seleccionar. Dentro de la matriz, en la columna de “Peso del criterio” se refiere a la importancia que cada uno presenta respecto al resto de criterios, mientras que la columna denominada “valor” se rige según la **Tabla 3**.

Tabla 3. Valoración aplicada a la matriz de ponderación

Muy bajo	Bajo	Medio	Bueno	Muy bueno
1	2	3	4	5

Una vez obtenida la **Tabla 2**, se procede a la elaboración de la matriz de ponderación en la cual se detallan los criterios más significativos para determinar la opción más adecuada, estos valores se exponen en la **Tabla 4** (Chuquimarca, 2023).

Tabla 4. Matriz de ponderación para definir el tipo de estacionamiento

Criterios	Peso del criterio	Estacionamiento de pared		Estacionamiento vertical		Estacionamiento automático	
		Valor	%	Valor	%	Valor	%
Facilidad de construcción	12 %	5	0,6	2	0,24	4	0,48
Diseño estético y de calidad	8 %	4	0,32	4	0,32	5	0,4
Facilidad de uso	15 %	3	0,45	3	0,45	5	0,75
Mantenimiento	9 %	4	0,36	4	0,36	4	0,36
Accesibilidad	6 %	3	0,18	2	0,12	4	0,24
Bajo costo	14 %	5	0,7	3	0,42	2	0,28
Volumen	16 %	5	0,8	2	0,32	4	0,64
Seguridad	14 %	2	0,28	3	0,42	5	0,7
Vida útil	6 %	5	0,3	4	0,24	5	0,3
TOTAL	100 %		3,99		2,89		4,15

Los criterios establecidos en la **Tabla 4** para determinar la mejor alternativa del estacionamiento de bicicletas se ajustan a los requerimientos considerados para el prototipo que será la propuesta en la presente investigación. Los criterios de mayor relevancia para el prototipo son: facilidad de uso por parte de cualquier usuario, seguridad que este brinda al momento de aparcar la bicicleta y el poco espacio que este ocupa ya que su diseño es poco voluminoso.

➤ **Dimensionado del prototipo cicloparqueadero**

El cicloparqueadero se caracteriza por ser seguro y fácil de usar. Bajo esas consideraciones el prototipo queda definido por una base rectangular soldada, en su parte inferior dispone de orificios que permiten anclarlo para dar estabilidad a toda la estructura ya que es aquí donde se ensamblan las demás partes que conforman el cicloparqueadero automático.

Por la facilidad de construcción, considerando que el diseño sea estético y de calidad se propone que toda la estructura sea empernada, misma que facilita un adecuado y rápido mantenimiento. Se conforma por una parte frontal y una parte posterior, ambas son empernadas a la base y a su vez cuentan con orificios en sus contornos para que sea empernada la pieza lateral derecha después la pieza lateral izquierda. La parte superior es finalmente sellada con una pieza que luego es empernada. La pieza derecha además lleva una compuerta en su parte inferior que sirve por ejemplo para almacenar un cargador de bicicletas eléctricas. Para la sujeción de la bicicleta se diseña un soporte de seguridad que mediante un eje sujeto a una chumacera permite el giro con facilidad permitiendo así asegurar y retirar la bicicleta aparcada.

- Estructura

Una vez identificado el prototipo a implementar como propuesta de cicloparqueadero automatizado, en la **Figura 29** se expone como estará configurado el prototipo propuesto considerando las recomendaciones de la **Figura 19**. En el **Anexo 2** se encuentran los detalles de las piezas del prototipo. Las partes que conforman el prototipo se detalla a continuación:

- 1) Base
- 2) Pieza frontal
- 3) Pieza posterior
- 4) Pieza derecha
- 5) Pieza izquierda
- 6) Pieza superior
- 7) Compuerta
- 8) Soporte de seguridad
- 9) Chumacera

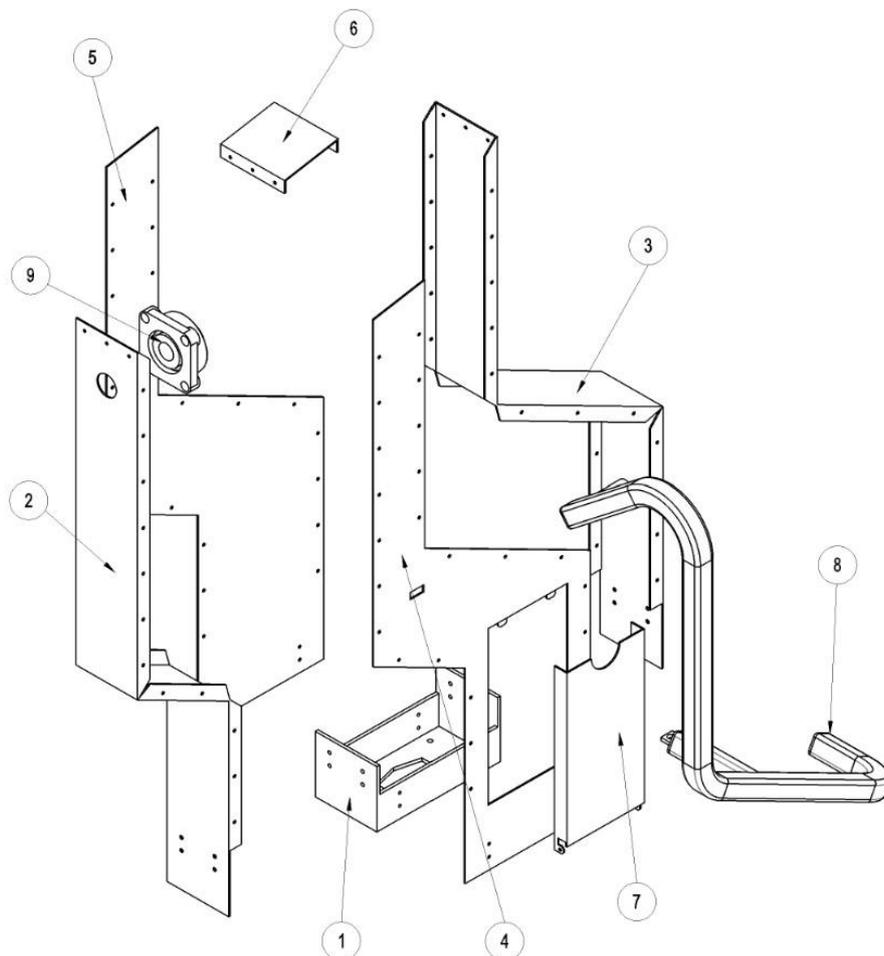


Figura 29. Partes que conforman la propuesta del prototipo de cicloparqueadero

- **Cálculos de diseño mecánico**
 - **Cálculo del diámetro mínimo del eje**

Considerando el procedimiento citado en la sección 4.2.3.1 se procede a realizar los cálculos respectivos. El eje posee una chumacera en su parte derecha y un soporte de seguridad en su parte izquierda tal como se puede observar en la **Figura 30**.



Figura 30. Elementos montados sobre el eje

La distancia entre los elementos se puede observar en la **Figura 31**, sus medidas son dadas en milímetros.

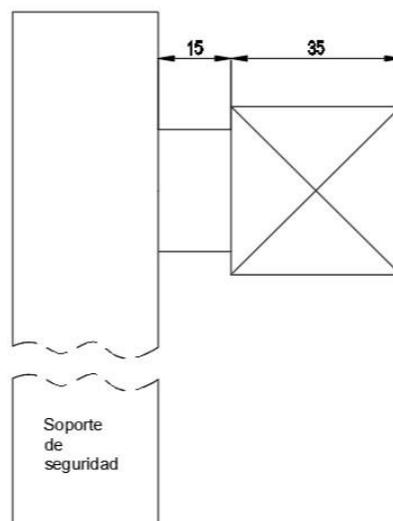


Figura 31. Distancia entre elementos

En la **Figura 31** se puede observar que la longitud total del eje es $L_{eje} = 50 \text{ mm}$.

El “soporte de seguridad” al ser levantado genera una fuerza radial sobre el eje ejercida por la mano de la persona, el eje no se encuentra sometido a fuerza axial. Bowen & Mendoza de Sosa (2001) determinan los valores de la fuerza de la mano dentro de una muestra a conveniencia conformada por 212 adultos sanos con edades comprendidas entre 18 y 55 años tomando en cuenta la máxima fuerza desarrollada por cada individuo y luego promediaron estos valores, los resultados revelaron una mayor fuerza del sexo masculino $F_M = 43,06 \text{ kg/f}$ en relación al sexo femenino $F_F = 26,23 \text{ kg/f}$. Otro estudio realizado por Carlosama & Ramos (2016) a 36 fisioterapeutas con edades comprendidas entre 20 y 60 años indican que la mayor fuerza de agarre del sexo femenino es $F_F = 25,66 \text{ kg/f}$ en relación al sexo masculino $F_M = 46 \text{ kg/f}$.

De los valores expuestos se considera que la mayor fuerza de la mano es ejercida por la fuerza masculina quedando expresada de la siguiente manera:

$$F_M = 46 \text{ kg/f}$$

$$F_M \approx 451,11 \text{ N}$$

Los diagramas de momentos flexionantes y diagramas de los pares de torsión, se analizan utilizando el software MDSolids, obteniendo los resultados que se exponen a continuación:

➤ Reacciones en el plano "x – y"

$$M_{x-y} = 0; \text{ No existe fuerza en este plano}$$

➤ Reacciones en el plano "x – z"

$$\sum M_B = 0$$

$$M - F(x) = 0$$

$$M = F(x)$$

$$M = (451,11 \text{ N})(x)$$

Considerando el valor máximo de (x) igual a 0,05 m se obtiene:

$$M = (451,11 \text{ N})(0,05 \text{ m})$$

$$M = 22,5555 \text{ Nm}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F - F_R = 0$$

$$F_R = F$$

$$F_R = 451,11 \text{ N}$$

Los resultados obtenidos se corroboran con los resultados de la simulación efectuada en el software MDSolids, los resultados se exponen en la **Figura 32**.

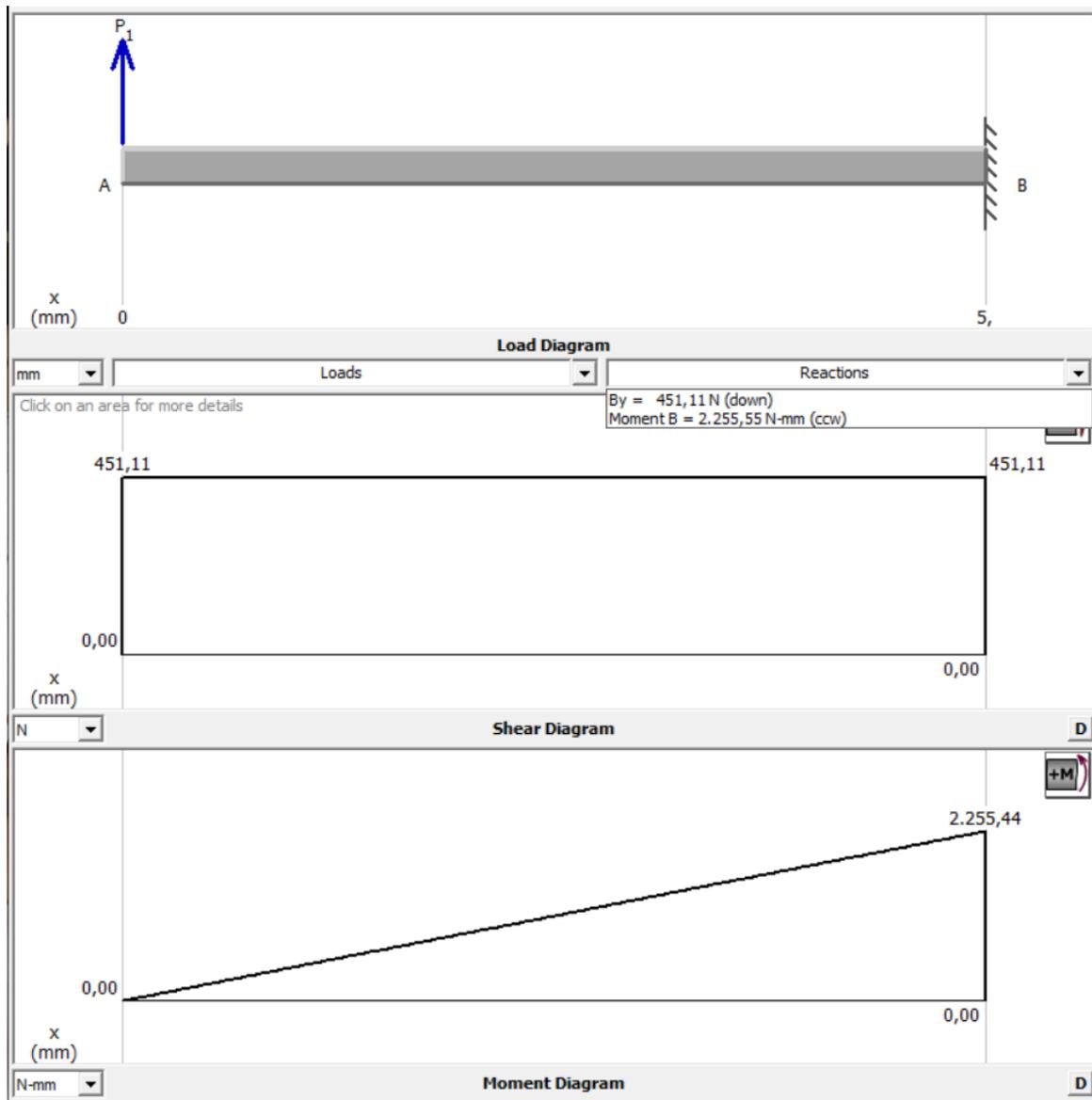


Figura 32. Diagramas de cortantes y momentos flectores en el plano (x-z)

Usando la ecuación (1) tenemos:

$$M_F = \sqrt{(0)^2 + (22,5555 \text{ Nm})^2}$$

$$M_F = 22,5555 \text{ Nm}$$

Para el cálculo del momento torsor se considera la **Figura 33** y se hace uso de la ecuación (2).

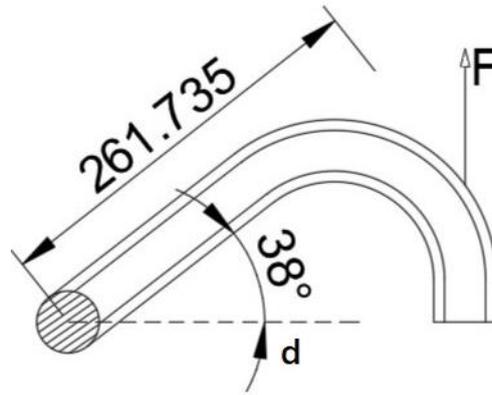


Figura 33. Diagrama de cuerpo libre

Despejando (d) se obtiene la distancia.

$$\cos 38^\circ = \frac{d}{261,735}$$

$$d = \cos 38^\circ * (261,735)$$

$$d = 206,25 \text{ mm} = 0,20625 \text{ m}$$

El momento torsor ejercido por la fuerza humana a una distancia (d) representa para el caso en análisis el valor que se expone a continuación:

$$M_T = (451,11 \text{ N})(0,20625 \text{ m})$$

$$M_T = 93,0414 \text{ Nm}$$

El acero ASTM A36 es un material ligeramente dúctil, por ello para el cálculo del diámetro mínimo que debe tener el eje se considera la teoría del esfuerzo cortante máximo (MSST) que es recomendado para materiales dúctiles. Se utiliza la ecuación (3).

Donde:

η_s : 2,5 recomendado en la literatura expuesta en la sección 4.2.3.1.4

σ_y : para el acero ASTM A36, se considera $\sigma_y = 250 \text{ MPa}$ (SUMITEC, 2024).

Entonces tenemos:

$$\phi_{eje_min} = \sqrt[3]{\left(\frac{32 * 2,5}{\pi * 250 * 10^6 \text{ Pa}}\right) \left(\sqrt{(93,0414 \text{ Nm})^2 + (22,5555 \text{ Nm})^2}\right)}$$

$$\phi_{eje_min} = 0,0213644 \text{ m}$$

$$\phi_{eje_min} = 2,1364 \text{ cm}$$

$$\phi_{eje} \approx \mathbf{2,54 \text{ cm}}$$

- **Cálculo del ángulo de giro (ϕ)**

Se considera la sección 4.2.3.1.1 para obtener el ángulo de giro. Previamente se obtiene el valor del momento polar del área para una sección circular sólida haciendo uso de la ecuación (8).

$$J = \frac{\pi * (0,0254 \text{ m})^4}{32}$$

$$J = 4,086342465 * 10^{-8} \text{ m}^4$$

Para obtener el valor del módulo de rigidez se hace uso de la ecuación (9).

Budynas & Keith (2008) recomiendan los valores del módulo de Young y el coeficiente de Poisson para el acero, se utiliza los siguientes valores:

$$E = 207 \text{ GPa}$$

$$\gamma = 0,292$$

Obteniendo el resultado que se expone a continuación:

$$G = \frac{207 * 10^9 \text{ Pa}}{2(1 + 0,292)}$$

$$G = 80,1 \text{ GPa}$$

Aplicando la ecuación (7) se determina el ángulo de giro.

$$\phi = \frac{(93,0414 \text{ Nm}) * (0,05 \text{ m})}{(4,086341465 * 10^{-8} \text{ m}^4) * (80,1 * 10^9 \text{ Pa})}$$

$$\phi = 1,42127812 * 10^{-3} \text{ rad}$$

Para obtener el ángulo de giro en grados, se efectúa el siguiente análisis:

$$\phi = (1,42127812 * 10^{-3} \text{ rad}) \left(\frac{180^\circ}{\pi \text{ rad}} \right) = \mathbf{0,0814^\circ}$$

Para validar la deformación del eje se considera la deformación permisible de $1^\circ/1ft$.

Por lo tanto, la deformación permisible calculada en grados es $0,164^\circ$. La deformación real calculada debe ser menor a la deformación permisible, esto garantiza que el eje resistirá la torsión ejercida por la fuerza de la mano, se debe cumplir la siguiente consideración:

$$\phi < \text{deformación permisible}$$

- **Esfuerzo cortante máximo**

Aplicando la ecuación (10) se obtiene el valor del esfuerzo cortante máximo, obteniendo el resultado que se expone a continuación.

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{93,0414 \text{ Nm} * 0,0127 \text{ m}}{4,086342465 * 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \mathbf{28\ 916\ 464,79 \text{ N/m}^2}$$

○ **Selección de Rodamientos.**

Para el cálculo de los rodamientos, se hace uso del Catálogo WL 41 520/3 SB Rodamientos FAG considerando la literatura expuesta en la sección 4.2.3.2 (FAG, 2000). Se identifica que la técnica de rodamientos utilizada será mediante solicitud estática. Para el uso de las tablas de rodamientos primeramente se considera el diámetro del eje calculado (2,54 cm), seguidamente se verifica la capacidad de carga estática según DIN ISO 76-1988 que proporcionan las tablas de rodamientos FAG que se exponen en el **Anexo 1**, dando un valor de:

$$C_0 = 4,65 \text{ kN}$$

Para obtener el valor de la carga estática equivalente P_0 se utiliza la ecuación (12), obteniendo el resultado que se expone a continuación:

$$P_0 = F_r$$

$$P_0 = \left(\frac{F}{\tan 38} \right)$$

$$P_0 = 0,577 \text{ kN}$$

Para obtener el valor del factor de esfuerzos estáticos f_s se utiliza la ecuación (11), obteniendo el resultado que se expone a continuación.

$$f_s = \frac{4,65 \text{ kN}}{0,577 \text{ kN}} = 8,05$$

Los rodamientos seleccionados se indica en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Características del rodamiento seleccionado

d	D	B	Peso	C	C_0	Denominación
(mm)	(mm)	(mm)	(kg)	(kN)	(kN)	
25	47	8	0,055	7,2	4,65	16005

• **Simulación en SolidWorks**

Haciendo uso del software de ingeniería “SolidWorks” se procede a validar los resultados obtenidos. Para obtener los resultados del esfuerzo cortante máximo del eje de 2,54 centímetros de diámetro y 5 centímetros de largo se introduce el valor del *par de torsión*

equivalente a $M_T = 93,0414 \text{ Nm}$. La **Figura 34** muestra el resultado del esfuerzo cortante mínimo y máximo.

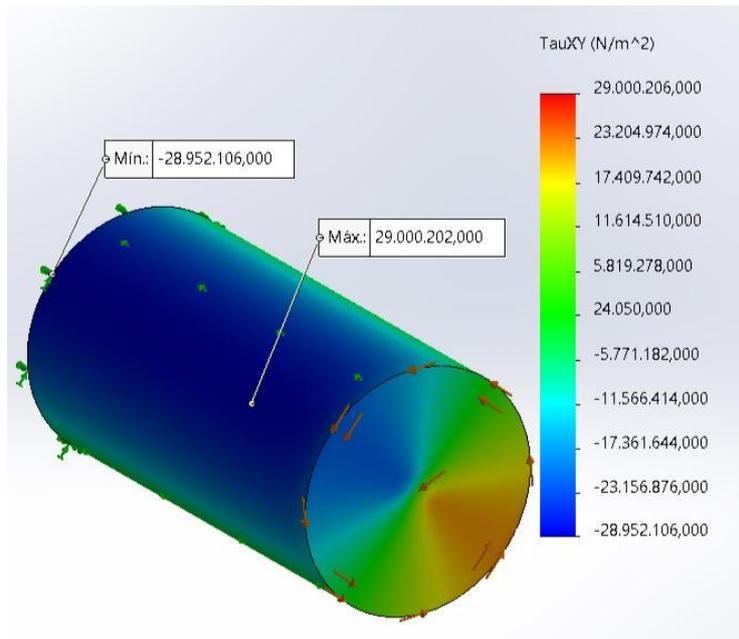


Figura 34. Resultados del esfuerzo cortante

La obtención del ángulo de giro mediante la simulación se puede observar en la **Figura 35**, donde se expone el valor mínimo y máximo.

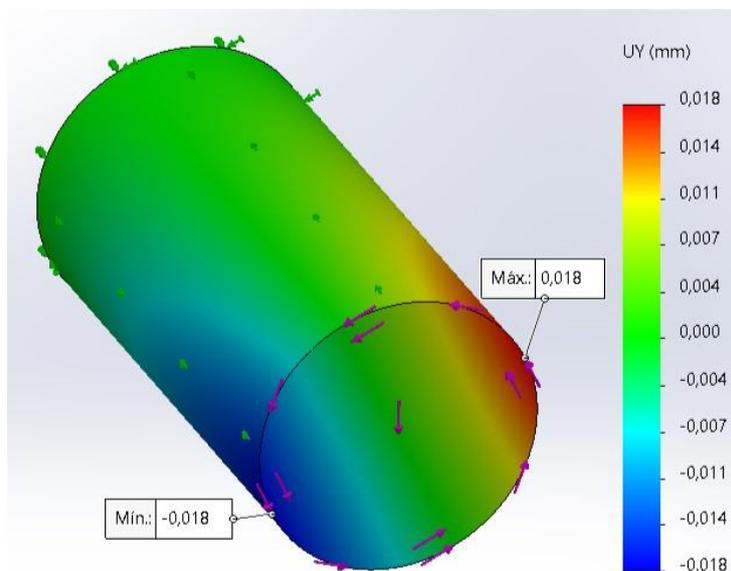


Figura 35. Resultado del ángulo de giro

Para comprender los resultados de la **Figura 35**, en la **Tabla 6** se indica los valores en radianes y en grados.

Tabla 6. Resultados obtenidos del ángulo de giro

Desplazamientos		$\phi = \frac{(m\acute{a}x + m\acute{i}n)}{\phi_{eje}} [rad]$		Grados
Máx	Mín	ϕ_{eje}	ϕ	$\frac{180^\circ}{\pi rad}$
0,018	-0,018	25,4 mm	$1,417322835 * 10^{-3}$	0,0812

5.4.2.2 Selección y dimensionado de materiales eléctricos y electrónicos.**➤ Selección del equipo biométrico**

Considerando que se requiere de un equipo biométrico que posea diferentes formas de acceso, se han identificado tres tipos de biométricos detallados en la sección 4.2.4.1, que cumplen las necesidades requeridas, seleccionándose un equipo que sea funcional a los requerimientos del prototipo.

Para la selección del equipo biométrico se hace uso del método Pugh para determinar la mejor alternativa: identificar los criterios que serán evaluados, se los ubica como filas de la matriz, luego se deben especificar los posibles conceptos o alternativas que apunten al cumplimiento de los criterios definidos. Los mismos aparecerán en las columnas de la matriz. Después se toma la primera alternativa como referencia y se analiza las demás; criterio por criterio, si su cumplimiento es superior al diseño de referencia, si es inferior o si es igual a este. Para ello se utiliza la siguiente nomenclatura; si es superior se coloca “ + 1”, si es inferior se coloca “ - 1” y si es igual se coloca “0” (Balderix, 2024).

Completada la tabla se realiza la suma de cada columna. El concepto que tenga un resultado mayor, producto del balance entre aspectos positivos y negativos, será la mejor solución.

Los criterios más relevantes a considerar por el diseñador se presentan en la **Tabla 7**.

Tabla 7. Matriz de toma de decisiones para la selección del equipo biométrico

Criterios de Selección	Alternativas		
	B1	B2	B3
Durabilidad	=	0	0
Menor tamaño	=	0	-1
Facilidad de operación	=	1	-1
Confiabilidad de funcionamiento	=	1	1
Facilidad de mantenimiento	=	0	0
Capacidad de rostros	=	1	0
Capacidad de palmas	=	1	1
Capacidad de tarjetas	=	-1	1
TOTAL	0	3	1

En donde:

B1 es el equipo biométrico ZK-X7 ID

B2 es el equipo biométrico SpeedFace-V4L

B3 es el equipo biométrico DS-K1A802MF

De la **Tabla 7** se obtiene como resultado que la mejor alternativa es **B2**, el equipo seleccionado es el biométrico SpeedFace-V4L.

Una vez obtenida la mejor alternativa se procede con la metodología de matriz de Holmes que consiste en conocer el peso que tiene cada criterio uno con relación al otro, el resultado final se lo obtiene al sumar todas las filas y verificar el de mayor puntuación, para esto se elabora la **Tabla 8** (Asesor de calidad, 2024).

Tabla 8. Criterios y evaluación del peso específico de cada criterio para la selección del biométrico

1= más importante 0,5= igual de importante 0= menos importante Esto, con relación a la columna comparativa	Durabilidad	Menor tamaño	Facilidad de operación	Confiabilidad de Funcionamiento	Facilidad de mantenimiento	Capacidad de rostros	Capacidad de palmas	Capacidad de tarjetas	TOTAL	Ponderación del criterio	
Durabilidad	1	1	0,5	0,5	0	0	0	0	3	0,0984	
Menor tamaño	0	1	0	0	0,5	0,5	0	0	1	0,0328	
Facilidad de operación	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	4,5	0,1475	
Confiabilidad de Funcionamiento	1	1	0,5	1	0,5	1	1	1	6	0,1967	
Facilidad de mantenimiento	1	1	0,5	0,5	1	1	1	1	6	0,1967	
Capacidad de rostros	0,5	1	0,5	0	0	1	1	1	4	0,1311	
Capacidad de palmas	0,5	0,5	0,5	0	0	1	1	1	3,5	0,1148	
Capacidad de tarjetas	0,5	1	0	0	0,5	0,5	0	1	2,5	0,0820	
									Suma	30,5	1,00

En la **Tabla 9** se puede observar las alternativas de los modelos de equipos biométricos en análisis.

Tabla 9. Alternativas de equipos biométricos

MARCA	MODELO /DENOMINACIÓN	CÓDIGO
ZKTECO	ZK-X7 ID	B1
ZKTECO	SpeedFace-V4L	B2
HIKVISION	DS-K1A802MF	B3

Con el peso del criterio obtenido en la **Tabla 8**, se hace la relación con los criterios de valoración que se muestran en la **Tabla 10** para obtener una nueva matriz de selección de la mejor alternativa como se indica en la **Tabla 11**.

Tabla 10. Pautas de valoración de las alternativas

Valoración (V)				
1	2	3	4	5
Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente

Tabla 11. Matriz de selección de la mejor alternativa

Criterios de selección	Peso del criterio	B1		B2		B3	
		Valoración	Puntaje	Valoración	Puntaje	Valoración	Puntaje
Durabilidad	0,0984	3	0,2951	4	0,3934	4	0,3934
Menor tamaño	0,0328	4	0,1311	4	0,1311	4	0,1311
Facilidad de operación	0,1475	5	0,7377	4	0,5902	4	0,5902
Confiabilidad de Funcionamiento	0,1967	2	0,3934	5	0,9836	3	0,5902
Facilidad de mantenimiento	0,1967	3	0,5902	3	0,5902	3	0,5902
Capacidad de rostros	0,1311	3	0,3934	4	0,5246	4	0,5246
Capacidad de palmas	0,1148	1	0,1148	5	0,5738	1	0,1148
Capacidad de tarjetas	0,0820	4	0,3279	4	0,3279	4	0,3279
TOTAL	1,00		2,9836		4,1148		3,2623

Finalmente se obtiene los valores que se exponen en la **Tabla 12**, en donde se exponen los puntajes obtenidos en cada alternativa.

Tabla 12. Puntajes obtenidos

BIOMÉTRICO	PUNTAJE	PRIORIDAD
B1	2,9836	3
B2	4,1148	1
B3	3,2623	2

La metodología aplicada indica que el biométrico B2 es la mejor opción, seleccionando el equipo de la marca ZKTECO modelo SpeedFace-V4L.

➤ Selección de la cerradura

De la misma forma se hace uso del método Pugh para obtener la mejor alternativa de una cerradura que cumpla los requerimientos deseados. Los criterios a considerar se plantean en la **Tabla 13**.

Tabla 13. Matriz de toma de decisiones para la selección de cerraduras

Criterios de Selección	Alternativas		
	CE-1	CE-2	CE-3
Funcionalidad	=	1	0
Confiabilidad	=	1	1
Menor costo	=	-1	1
Menor Peso	=	1	1
Menor Tamaño	=	1	1
Forma	=	0	1
Control	=	0	0
Mantenimiento	=	0	0
TOTAL	0	3	5

En donde:

CE-1 Cerradura eléctrica 1000S-Travex sin pulsador

CE-2 Cerradura eléctrica V05 con pulsador

CE-3 Cerradura electromagnética con solenoide 12 V DC

La **Tabla 13** da como resultado que la mejor opción es **CE-3**, es decir, la cerradura electromagnética con solenoide 12 V DC. Seguidamente hacemos uso de la metodología de matriz de Holmes para identificar el peso que tiene cada criterio, valores expuestos en la **Tabla 14**.

Tabla 14. Criterios y evaluación del peso específico de cada criterio para la selección de cerradura

1= más importante 0,5= igual de importante 0= menos importante Esto, con relación a la columna comparativa	Funcionalidad	Confiabilidad	Menor costo	Menor peso	Menor tamaño	Forma	Control	Mantenimiento	TOTAL	Ponderación del criterio
Funcionalidad		0,5	0	0,5	0,5	1	0,5	0,5	3,5	0,1129
Confiabilidad	1		1	0,5	1	1	0,5	0,5	5,5	0,1774
Menor costo	0	0,5		0,5	0,5	1	0,5	1	4	0,1290
Menor peso	1	0,5	0,5		1	0,5	0	0,5	4	0,1290
Menor tamaño	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	0	0,5	3	0,0968
Forma	0	0	0,5	0,5	0,5		0	0	1,5	0,0484
Control	0,5	0,5	1	0	1	0,5		0,5	4	0,1290
Mantenimiento	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5		5,5	0,1774
								Suma	31,0	1,00

A continuación, se plantea las alternativas de los modelos de cerraduras, como se observa en la **Tabla 15**.

Tabla 15. Alternativas de cerraduras

MARCA	MODELO / DENOMINACIÓN	CÓDIGO
TRAVEX	1000S – Travex sin pulsador	CE-1
VIRO	Modelo V05 con pulsador	CE-2
OEM	Cerradura con solenoide 12 V DC	CE-3

Con el peso del criterio obtenido de la **Tabla 14**, se hace la relación con los criterios de valoración de la **Tabla 10** para obtener una nueva matriz de la mejor alternativa como se puede observar en la **Tabla 16**.

Tabla 16. Matriz de selección de la mejor alternativa

Criterios de selección	Peso del criterio	CE-1		CE-2		CE-3	
		Valoración	Puntaje	Valoración	Puntaje	Valoración	Puntaje
Funcionalidad	0,1129	4	0,4516	3	0,3387	5	0,5645
Confiabilidad	0,1774	4	0,7097	4	0,7097	4	0,7097
Menor costo	0,1290	3	0,3871	2	0,2581	5	0,6452
Menor peso	0,1290	2	0,2581	2	0,2581	5	0,6452
Menor tamaño	0,0968	1	0,0968	3	0,2903	5	0,4839
Forma	0,0484	5	0,2419	4	0,1935	4	0,1935
Control	0,1290	5	0,6452	4	0,5161	4	0,5161
Mantenimiento	0,1774	3	0,5323	3	0,5323	5	0,8871
TOTAL	1,00		3,3226		3,0968		4,6452

Finalmente, en la **Tabla 17** se muestran los puntajes obtenidos en cada alternativa.

Tabla 17. Puntajes obtenidos

Cerradura eléctrica	Puntaje	Prioridad
CE-1	3,3226	2
CE-2	3,0968	3
CE-3	4,6452	1

Como resultado se obtiene que la cerradura (CE-3) es la mejor opción, seleccionando la cerradura electromagnética con solenoide 12 V DC.

➤ **Conexión y funcionamiento del equipo biométrico**

El sistema admite cerraduras normalmente abiertas y cerraduras normalmente cerradas. La cerradura normalmente abierta cuando está alimentada (NO) está conectada con los terminales “NO” y “COM”, y la cerradura normalmente cerrada cuando está alimentada (NC) está conectada con los terminales “NC” y “COM”. El sistema de conexión eléctrico para una cerradura normalmente cerrada cuando la energía es usada por separado para alimentar el equipo biométrico queda expuesto en la **Figura 36**, el sistema de conexión eléctrico para una

cerradura normalmente cerrada cuando la energía es compartida con el equipo biométrico se expone en la **Figura 37** (ZKTECO, 2020).

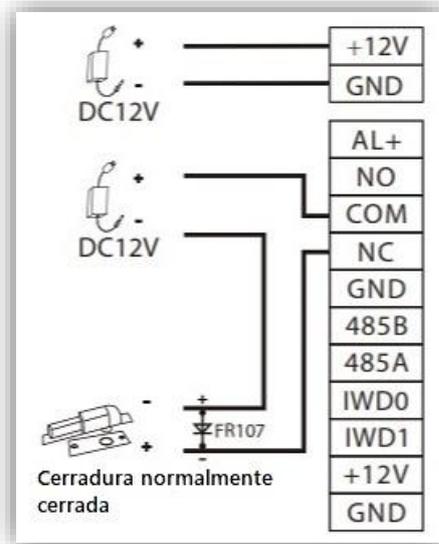


Figura 36. El dispositivo no comparte energía con la cerradura
Fuente: (ZKTECO, 2020)

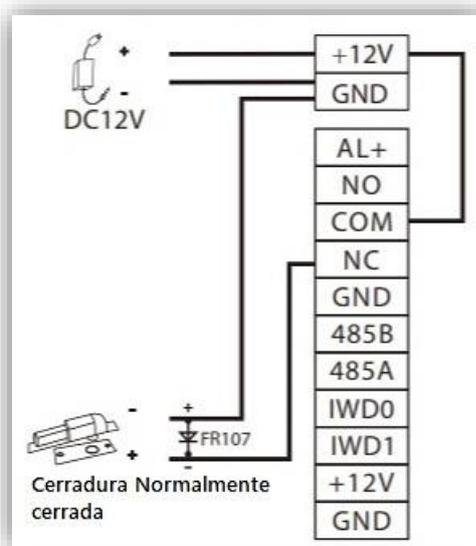


Figura 37. El dispositivo comparte energía con la cerradura
Fuente: (ZKTECO, 2020)

El registro de los usuarios se efectúa de acuerdo a la *guía de inicio rápido*, existiendo tres métodos que se exponen a continuación (ZKTECO, 2020).

✓ **Método 1: Registrarse en el dispositivo**

Haga clic en el icono de menú > [Administrador de usuarios] > [Nuevo usuario] para registrar un nuevo usuario. Las opciones incluyen ingresar el ID y el nombre del usuario,

configurar la función del usuario, registrar la palma, la cara, el número de tarjeta, la contraseña y agregar una foto del usuario.

✓ **Método 2: Registrarse en el software ZKBioAccess**

Configure la dirección IP y la dirección del servidor del servicio en la nube en comunicaciones (Comm). Opción de menú en el dispositivo.

1. Haga clic en [Acceso] > [Dispositivo de acceso] > [Dispositivo] > [Buscar dispositivo] para buscar el dispositivo en el software. Cuando se configura una dirección de servidor y un puerto adecuado en el dispositivo, los dispositivos buscados se muestran automáticamente.

2.- Haga clic en [Agregar] en la columna de operación, aparecerá una nueva ventana. Seleccione tipo de icono, área y agregar al nivel en cada menú desplegable y haga clic en [Aceptar] para agregar el dispositivo.

3.- Haga clic en [Personal] > [Persona] > [Nuevo] y complete todos los campos requeridos para registrar nuevos usuarios en el software.

4.- Haga clic en [Acceso] > [Dispositivo] > [Control de dispositivo] > [Sincronizar todos los datos con los dispositivos] para sincronizar todos los datos con el dispositivo, incluidos los nuevos usuarios.

✓ **Método 3: Registrarse por teléfono**

Una vez instalado el software ZKBioAccess IVS, los usuarios pueden registrar su rostro a través de una aplicación de navegador en su propio teléfono móvil.

1.- Haga clic en [Personal] > [Parámetros], ingrese "http://Dirección del servidor: Puerto" en la barra UGL del Código QR. El software generará automáticamente un código QR. Escanee el código QR o inicie sesión en "http://Dirección del servidor: Puerto/aplicación/v1/adreg" mediante el teléfono móvil para registrar usuarios.

2.- Los usuarios se mostrarán en [Personal] > [Personal Temporal], haga clic en la opción [Revisar] y asigne un departamento y haga clic en [Aceptar] para agregar el usuario exitosamente.

5.4.3 Tercer objetivo: Construir el prototipo de cicloparqueadero automático.

Para la construcción del prototipo se hace uso de los planos constructivos expuestos en el **Anexo 2**. La parte inferior del prototipo queda anclada a una base que previamente se le realiza un orificio de 2 pulgadas para el paso de los cables energizados a 110 V que alimentaran dos fuentes de poder de 12 V DC para el correcto funcionamiento del mismo, el prototipo se expone en la **Figura 38**.



Figura 38. Prototipo construido
Fuente: Elaboración propia

6. Resultados

Para el reconocimiento de un cicloparqueadero la norma INEN detalla especificaciones a tomar en cuenta para la incorporación de esta señalética, esto se pueden observar en la **Figura 18**.

La Secretaría de Gestión Inmobiliaria del Sector Público sugiere considerar la **Figura 19** para uso adecuado del área requerida para cicloparqueaderos.

La norma técnica ecuatoriana INEN 2314 indica la ubicación correcta de los cicloparqueaderos, expuestos mediante imágenes como se puede observar en la **Figura 20**, **Figura 21** y **Figura 22**.

El municipio de Loja mediante ordenanza N° 031-2021 en el capítulo VII con sus artículos 16,17 y 18 indica las consideraciones para implementar cicloparqueaderos.

➤ Selección del material para la estructura del prototipo

Del apartado 5.4.2.1 en la sección de selección del material para la estructura del prototipo haciendo uso de las gráficas de Ashby se obtiene que el material a seleccionar es el acero al carbono. Para el presente trabajo se escoge el acero ASTM A36 que es un acero de bajo contenido de carbono y se utiliza para la creación de estructuras en general, mismo que cumple los requerimientos del prototipo propuesto.

➤ Selección del cicloparqueadero

Para la selección del cicloparqueadero se utiliza la matriz de ponderación expuesta en la **Tabla 4**, donde se identifica que el cicloparqueadero mejor puntuado es el estacionamiento automático, la valoración obtenida se expone en la **Tabla 18**.

Tabla 18. Valoración obtenida de la matriz de ponderación

Tipos de cicloparqueaderos	Estacionamiento de pared	Estacionamiento vertical	Estacionamiento automático
Valoración total	3,99	2,89	4,15

El cicloparqueadero denominado “*estacionamiento automático*” es seleccionado por la funcionalidad que este posee para parquear bicicletas de uso personal y compartido.

➤ Dimensionado del prototipo cicloparqueadero

El diseño del prototipo propuesto como mobiliario urbano para cicloparqueadero se expone en la **Figura 39**. La estructura del prototipo sin considerar el “*soporte de seguridad*” alcanza una altura máxima de 95,7 cm, 38 cm de ancho y 10,8 cm de fondo, el dimensionado y más detalles del cicloparqueadero se presentan en los planos constructivos expuestos en el **Anexo 2**.

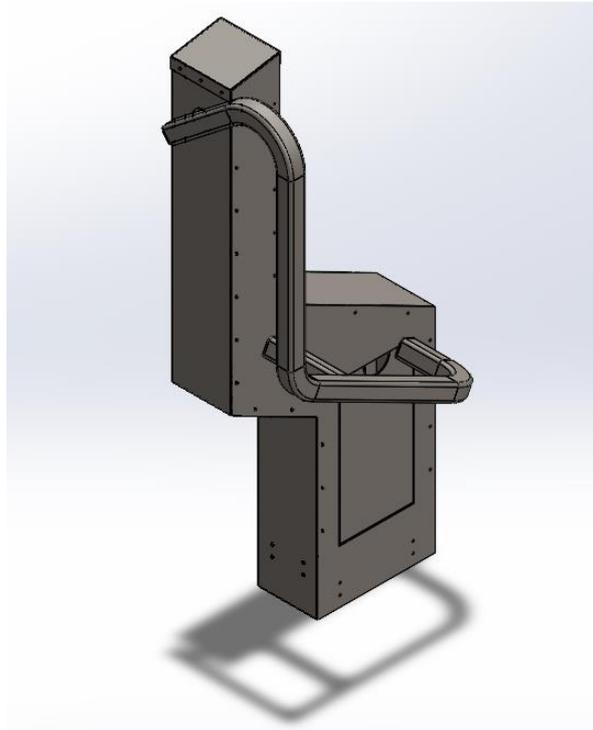


Figura 39. Propuesta Prototipo Cicloparqueadero

- Cálculos de diseño mecánico

- Diámetro mínimo del eje

El diámetro mínimo del eje calculado es:

$$\phi_{eje_mín} = 2,1364 \text{ cm}$$

El diámetro comercial del eje seleccionado es:

$$\phi_{eje} = \mathbf{2,54 \text{ cm}}$$

- Ángulo de giro

El ángulo de giro calculado en grados es:

$$\phi = 0,0814^\circ$$

La deformación permisible es $0,164^\circ$

La consideración ($\phi < deformación\ permisible$) expuesta en la sección 5.4.2.1 para el cálculo del ángulo de giro se cumple y garantiza que el eje resistirá a la torsión ejercida por la fuerza de la mano, obteniendo el siguiente resultado: $0,0814^\circ < 0,164^\circ$.

- Esfuerzo cortante máximo

El esfuerzo cortante máximo que soportará el eje será:

$$\tau_{m\acute{a}x} = 28\,916\,464,79\, N/m^2$$

- Rodamientos

Con ayuda del Catálogo WL 41 520/3 SB Rodamientos FAG se obtiene el resultado expuesto en la **Tabla 5**, su denominación comercial es **16005**.

- Simulación en SolidWorks

Haciendo uso de la

Figura 34, en la **Tabla 19** se comparan los resultados obtenidos por simulación y por calculo para el esfuerzo cortante.

Tabla 19. Valores obtenidos del Esfuerzo Cortante

Esfuerzo Cortante	Valor calculado	Valores obtenidos en SolidWorks
Mínimo	---	$-28\,952\,106\, N/m^2$
Máximo	$28\,916\,464,79\, N/m^2$	$29\,000\,202\, N/m^2$

Los valores obtenidos del ángulo de giro mediante simulación en SolidWorks mostrados en la **Figura 35** se los expone en la **Tabla 20**, comparados con el valor calculado.

Tabla 20. Valores obtenidos del Ángulo de giro

Ángulo de Giro	Valores calculados	Valores obtenidos en SolidWorks
Radianes	$1,42127812 * 10^{-3}\, rad$	$1,417322835 * 10^{-3}\, rad$
Grados	$0,0814^\circ$	$0,0812^\circ$

- Selección del equipo biométrico

Con la metodología aplicada en la sección 5.4.2.2 se determina que el equipo biométrico a seleccionar es de la marca ZKTECO modelo *SpeedFace-V4L*.

➤ Selección de la cerradura

Aplicando la metodología usada en la sección 5.4.2.2 se determina que la mejor opción es la *cerradura electromagnética con solenoide 12 V DC*.

➤ Conexión y funcionamiento del equipo biométrico

El sistema de conexión eléctrico del equipo biométrico de la marca ZKTECO modelo SpeedFace-V4L queda expuesto en la **Figura 36**. Se hace uso de dos fuentes de poder de 12 V; una que energiza el equipo biométrico y otra que energiza la cerradura.

El registro de un usuario se lo hace de acuerdo a la *guía de inicio rápido* considerando el “Método 1” que corresponde al registro mediante el dispositivo biométrico citado en 5.4.2.2 en la sección de “Conexión y funcionamiento del equipo biométrico”.

En la **Figura 40** se expone el diagrama de conexión que se debe considerar para proteger el equipo biométrico como también al usuario de fugas de potencia accidentales que podrían resultar en lesiones graves e incluso la muerte por electrocución. El disyuntor de dos polos comprueba continuamente que la corriente que entra por la fase es exactamente la misma que sale por el retorno (neutro), en caso de que exista una diferencia se corta la alimentación evitando daños mayores.

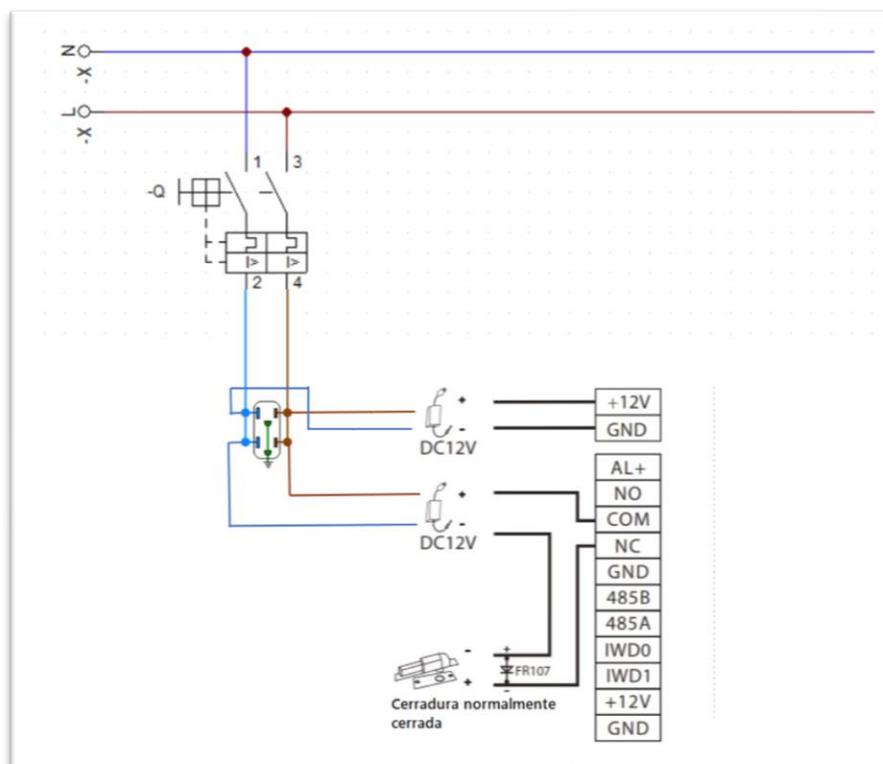


Figura 40. Diagrama de conexión 110V
Fuente: Elaboración propia

➤ Construcción del prototipo

La **Figura 38** muestra el prototipo construido, mismo que es alimentado por una toma de corriente a 110 V, luego se utilizan dos fuentes de poder que alimentan al equipo biométrico y a la cerradura electromagnética con solenoide 12 V DC respectivamente. Los cables de conexión son peinados internamente por el espacio que tiene el prototipo.

Una propuesta alterna para la ubicación del equipo biométrico es realizada con el apoyo del centro investigativo I2TEC, queda expuesto en la **Figura 41**.



Figura 41. Propuesta 2 para ubicación del equipo biométrico

➤ Costos de construcción del prototipo

La **Tabla 21** expone los costos generados por la construcción del prototipo propuesto.

Tabla 21. *Costos por construcción del prototipo propuesto*

Concepto	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Mano de obra	2	120	240
Plancha de Acero ASTM A36 (2 mm)	2	60	120
Plancha de Acero ASTM A36 (5 mm)	1	152	50
Tubo cuadrado ASTM A36 (2 mm)	1	17	17
Equipo biométrico SpeedFace-V4L	1	235	235
Total			662

7. Discusión

El diseño propuesto es funcional y se ajusta a los requerimientos de la normativa nacional e internacional. El prototipo propuesto hace el uso eficiente del espacio, puede ser implementado en espacios públicos como privados garantizando la libre circulación de las personas a su alrededor.

Los cálculos realizados verifican el correcto funcionamiento del prototipo, considerando un factor de seguridad de 2,5 se obtiene un eje de 2,54 centímetros de diámetro el cual garantiza que este no se deforme. El método de cálculo de vida ampliada según DIN ISO 281 indica que los rodamientos pueden tener vida ilimitada si cumple $C_0/P_0 \geq 8$, el factor de esfuerzos estáticos calculado fue de 8,05, el rodamiento seleccionado cumple los requerimientos del proyecto (FAG, 2000).

La selección de equipos haciendo uso del método Pugh y la matriz de Holmes, permite identificar que la mejor alternativa en cuanto al equipo biométrico que mejor se adapta al funcionamiento del prototipo es el SpeedFace-V4L, mientras que la mejor alternativa para la selección de la cerradura es la cerradura electromagnética con solenoide de 12 V DC, el prototipo propuesto garantiza seguridad y fácil acceso para el parqueo de bicicletas personales o de uso compartido. La construcción del prototipo propuesto tiene un costo de seiscientos sesenta y dos dólares.

8. Conclusiones

- El diseño del prototipo de cicloparqueadero considera las recomendaciones expuestas en la normativa nacional e internacionales, el prototipo propuesto puede ser utilizado como mobiliario urbano, siendo una propuesta funcional y de fácil aplicación para implementar sistemas de bicicletas compartidas.
- De las gráficas de Ashby se obtiene que el material a seleccionar es el acero, para el prototipo construido se considera el costo del material a utilizar, se selecciona el acero al carbono ASTM A36 que es un acero de bajo contenido de carbono y es utilizado para estructuras en general.
- La secuencia de cálculos efectuada permite identificar que el prototipo soportará los esfuerzos mecánicos a los que puede someterse al parquear una bicicleta.
- El prototipo propuesto puede implementarse en espacios urbanos con o sin cubierta para el uso del sistema de bicicletas compartidas, el dispositivo de control y registro de usuarios ZKTeco modelo SpeedFace-V4L seleccionado permitió validar las prestaciones y funcionalidad que puede ofrecer un sistema biométrico para este mobiliario urbano propuesto, para mejorar las prestaciones del prototipo actual se pueden incorporar criterios de robustez para la selección del equipo biométrico, el cual debe soportar condiciones extremas en cuanto a golpes, humedad, polvo, vibración.

9. Recomendaciones

- El diámetro del eje que forma parte del soporte de seguridad del prototipo construido es de 2,54 cm, este eje puede ser de menor diámetro siempre y cuando no sea menos de 2,13 cm y exista una chumacera que se acople a ese diámetro.
- Ubicar el prototipo en un lugar donde se pueda garantizar el suministro de energía para el funcionamiento de los dispositivos electrónicos que posee el prototipo.
- El prototipo debe ser anclado al piso que disponga de un ducto que suministre 110 V para energizar el equipo biométrico y la cerradura electromagnética mediante dos fuentes de poder de 12 V DC.
- El cicloparqueadero debe ser visible para el tránsito peatonal para prevenir posibles actos de vandalismo.
- El cicloparqueadero debe ubicarse en un espacio específico de tal forma que no interfiera con la circulación peatonal, ni con los automóviles.
- Para implementar el prototipo en exteriores se debe proporcionar una protección superficial adicional al equipo biométrico para garantizar que el equipo pueda soportar condiciones extremas en cuanto a golpes, humedad, polvo, vibración.

10. Bibliografía

- Asesor de calidad. (2024). *Matriz de Priorización: herramienta de toma de decisiones*.
<https://asesordecalidad.blogspot.com/2018/02/matriz-de-priorizacion-herramienta-de.html#:~:text=La%20matriz%20de%20priorizaci%C3%B3n%20o,conviene%20m%C3%A1s%20seg%C3%BAn%20nuestros%20criterios>.
- Ashby, M. F. (1999). *Materials selection in mechanical design*. Butterworth-Heinemann.
- Ashby, M. F. (2005). *Materials Selection in Mechanical Design, Third Edition*.
- Aurora. (2023). *Estacionamiento para bicicletas*.
<https://blog.grupoaurora.pe/2021/07/26/beneficios-comprar-departamento-estacionamiento-bicicletas/>
- Balderix. (2024). *Matriz de pugh*. <https://www.probabilidadyestadistica.net/matriz-de-pugh/>
- Beer, F. P., Russell Johnston, E., DeWolf, J. T., & Mazurek David F. (2010). *Mecánica de materiales*.
- bikeep. (2022). *Estación de estacionamiento inteligente para bicicletas altamente segura para bicicletas personales*. <https://bikeep.com/smart-bike-parking-station/>
- Bowen, I. J., & Mendoza de Sosa, D. (2001). *Valores de la fuerza de la mano en adultos sanos*. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/es/lil-339669>
- Budynas, R., & Keith, J. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*.
- Buildsoft. (2024). *Conceptos básicos de diseño y análisis estructural*.
<https://www.buildsoft.eu/es/blog/conceptos-basicos-de-diseno-y-analisis-estructural>
- Carlosama, Y., & Ramos, E. (2016). *Evaluación de la fuerza de agarre utilizando el dinamómetro jamar a profesionales de fisioterapia durante la jornada laboral del servicio público en la provincia de imbabura durante el periodo 2015-2016*.
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6198>
- Chuquimarca, W. J. (2023). *Diseño y construcción de un prototipo hidropónico para cultivo de hortalizas aplicable en cultivos urbanos*.
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/28576>
- Cuartas, K., & Cruzado, J. (2016). *Diseño de un modelo de ciclo parqueadero inteligente soportado en tecnología RFID-NFC y aplicación móvil sobre android*. In 2016.
- Cubides, N., & Talero, V. (2021). *Definición de una nueva tipología de biciparqueaderos para la universidad militar nueva granada sede calle 100 a partir de un análisis jerárquico*. chrome-extension://efaidnbmnribpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23931/1/Mercedes%20Victoria_Torres%20Pereira.pdf

- Dirección de tránsito de Bucaramanga. (2017). *Ciclo-infraestructura Secundaria: Estacionamientos para Bicicletas*.
- ElectroStore. (2019). *Fuente de Poder*. <https://grupoelectrostore.com/shop/fuentes-cargadores-y-adaptadores-de-voltaje/fuente-de-poder-voltaje-220-110v-a-12v-5a/emaze>.
- emaze. (2024). *Proyecto ciclovía*. <https://www.emaze.com/@AIIFCWFQ>
- Epmmpop. (2023). *Utiliza los estacionamientos para bicicletas y puntos de carga para autos eléctricos*. <https://www.quitoinforma.gob.ec/2023/03/29/utiliza-los-estacionamientos-para-bicicletas-y-puntos-de-carga-para-autos-electricos/>
- FAG. (2000). *Catálogo WL 41 520/3 SB Rodamientos FAG*. <http://www.fag.com>
- Gad municipal de Cuenca. (2023, July). *Cuenca se activa con una movilidad energética*. <https://www.cuenca.gob.ec/content/cuenca-se-activa-con-una-movilidad-energetica>
- García, F., & Martínez, E. (2017). *Estacionamientos para bicicletas en la UPIICSA, evaluación de sus características y propuestas de mejora*.
- González, H. (2004). *La importancia del método en la selección de materiales*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4844925.pdf>
- Guevara, I. D. (2018). *Sistema urbano de seguridad y estacionamiento de bicicletas para la ciudad de Ibarra*.
- Gutiérrez, J. (2018). *Diseño de un bici parqueadero sostenible para el campus Robledo de la institución universitaria ITM*.
- Hamrock, B. J., Jacobson, B. O., & Schmid, S. R. (2000). *Elementos de máquinas*.
- Herrera Ordóñez, J. P. (2022). *Dimensionamiento y construcción de una bicicleta eléctrica*. Universidad Nacional de Loja.
- Hibbeler, R. C. (2011). *Mecánica de materiales_Octava edición*. Prentice Hall.
- HIKVISION. (2023). *Terminal de asistencia de tiempo de huellas dactilares serie K1A802 Pro*. <https://www.hikvision.com/en/products/Access-Control-Products/FingerPrint-Terminals/Pro-Series/ds-k1a802mf/>
- Husteel Industry Group. (2017). *Límite elástico y resistencia a la tracción*. https://www.husteel.com/es/news364_831.html
- Ikastaroak. (2023). *Resistencia a la fatiga*. https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/DFM/DPM/DPM04/es_DFM_DPM04_Contentidos/webseite_83resistencia_a_la_fatiga.html#:~:text=La%20resistencia%20a%20la%20Fatiga,s e%20llama%20%C3%ADmite%20de%20fatiga.

- INEN. (2017). *Accesibilidad de las personas al medio físico. Elementos urbanos*. chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://www.riadis.org/wp-content/uploads/2020/10/Norma_INEN_2314_Elemento_Urbanos.pdf
- INOPLAY. (2024). *Módulos aparcabicicletas*. https://inoplay.com.mx/mobiliario-urbano/bicipuertos
- López Beltrán, R. J., & Torres S, J. (2002). *Metodología mixta de selección de materiales aplicada en la escogencia del material para un dedo de pinza de sujeción de un manipulador industrial* (Vol. 12).
- Mejía, A. (2014). *Manual de buenas prácticas para la administración, gestión y uso de las edificaciones del sector público*.
- Ministerio de Salud Pública. (2023). *Movilidad Sostenible*. https://www.salud.gob.ec/movilidad-sostenible/
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Perú. (2021). *Manual de Cicloparqueaderos: Manual de parámetros técnicos de cicloparqueaderos en vía pública, estaciones de transferencia modal, edificaciones públicas y privadas*. www.gob.pe/mtc
- Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=26105&shelfbrowse_itemnumber=36033#shelfbrowser
- MULTIPERNOS. (2023). *Anclajes*. https://www.multipernos.com/anclajes.html
- Municipio de Loja. (2021). *Ordenanza que regula el uso de la bicicleta y afines como medios de transporte sostenibles en el cantón Loja*. chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://www.loja.gob.ec/files/documentos/2021-06/ordenanza_031-2021_bicicletas.pdf
- NOVELEC. (2023). *Cerradura eléctrica: tipos y características*. https://blog.gruponovelec.com/blog/cerradura-electrica-tipos-y-caracteristicas/#:~:text=Una%20cerradura%20el%C3%A9ctrica%20es%20un,una%20mayor%20seguridad%20y%20confort.
- OEM. (2024). *Cerradura eléctrica con solenoide 12VDC*. https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-517546901-cerradura-electrica-solenoide-12v-arduino-proelectronics-_JM
- PANEL. (2024). *La importancia del Acero A36*. https://panelyacanalados.com/blog/acero-a-36-propiedades-y-usos/
- Pardo, C., Caviedes, Á., & Calderón, P. (2013). *Estacionamientos para bicicletas Guía de elección, servicio, integración y reducción de emisiones*.

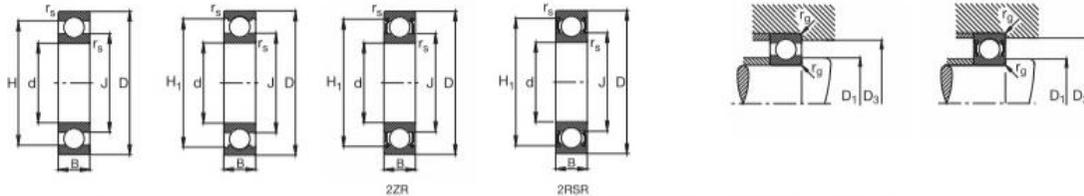
- Pardo, C. F., Cueva, V., & Bustos, J. F. (2022). *Manual de ciclo-infraestructura y micromovilidad para Ecuador*.
- Pérez, D., & Wilches, M. (2018). *Diseño de la red de estacionamientos para bicicletas en la universidad pedagógica y tecnológica de Colombia sede Tunja*.
- Rubio, D. (2016). *Estudio de un aparcamiento de bicicletas en la nueva estación de FFCC Vallparadís*.
- SAINT-GOBAIN. (2024). *Movilidad sostenible*. <https://www.saint-gobain.com.co/movilidad-sostenible-que-es-y-como-beneficia-nuestras-ciudades>
- Secretaría de Gestión Inmobiliaria del Sector Público. (n.d.). *Guía de implementación de cicloparqueaderos*.
- SUMITEC. (2024). *Acero estructural ASTM 36*. chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.sumiteccr.com/acero/estructural/AE01.pdf>
- Travex. (2023). *Cerradura eléctrica 1000S TRAVEX*. <https://www.travexperu.com/cerradura-electrica-1000s---travex,580884>
- Viro. (2023). *Cerradura eléctrica V05*. <https://www.viro.it/es-es/ferreter%C3%ADa/cerraduras-cerraderos-el%C3%A9ctricos/v05-con-pulsador>
- ZKTECO. (2020). *Quick Start Guide*. <https://zktocolatinoamerica.com/producto/speedface-v4l-v4l-ta/>
- ZKTeco. (2020). *ZK-X7 ID*. <https://zktecodelperu.com/zkteco-peru/control-de-acceso-y-asistencia/zkteco-zk-x7/>
- ZKTeco. (2024). *SpeedFace-V4L / V4L-TA*. <https://zktocolatinoamerica.com/producto/speedface-v4l-v4l-ta/>

11. Anexos

Anexo 1. Rodamientos FAG rígidos de bolas de una hilera

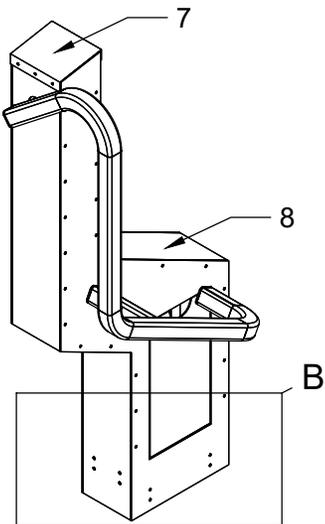
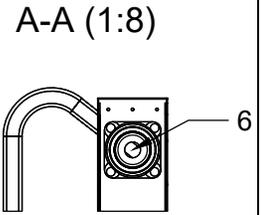
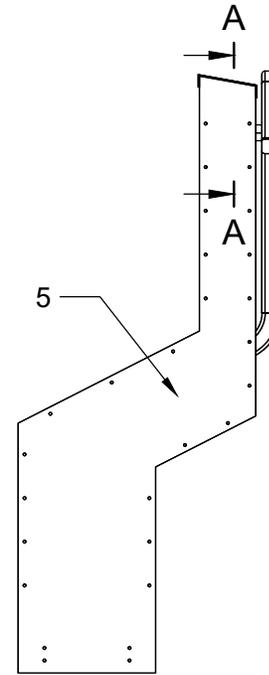
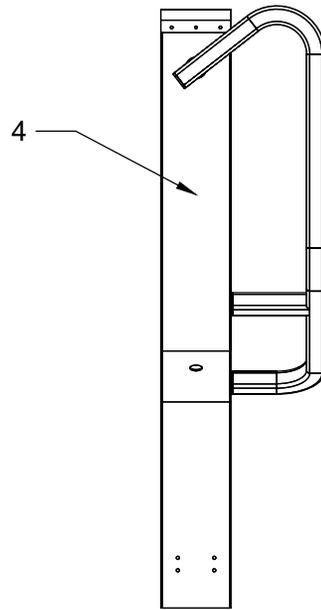
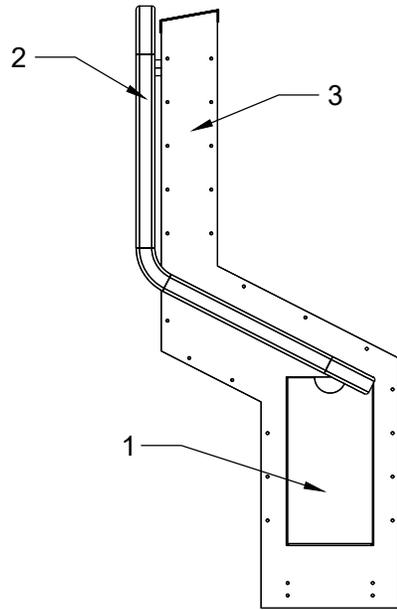
Rodamientos FAG rígidos de bolas de una hilera

Los rodamientos pueden alcanzar una duración de vida ilimitada, si $C_d/P_d \geq 8$, ver Pág.41.

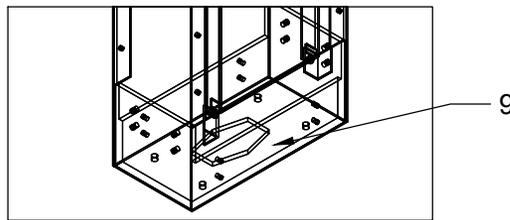


Eje	Dimensiones							Peso kg	Capacidad de carga		Velocidad límite min ⁻¹	Velocidad de referencia	Denominación abreviada Rodamiento FAG	Medidas auxiliares		
	d mm	D	B	r _s min	H	H ₁	J		dyn. C	stat. C ₀				D ₁ min mm	D ₃ max	r _g max
20	20	47	14	1	38,4	41	28,8	0,105	12,7	6,55	18000	19000	6204	25,6	41,4	1
	20	47	14	1	38,4	41	28,8	0,105	12,7	6,55	18000	19000	S6204.W203B	25,6	41,4	1
	20	47	14	1	38,4	41	28,8	0,109	12,7	6,55	15000	19000	6204.2ZR	25,6	41,4	1
	20	47	14	1	38,4	41	28,8	0,109	12,7	6,55	10000	19000	6204.2RSR	25,6	41,4	1
	20	47	14	1	38,4	41	28,8	0,108	12,7	6,55	10000	19000	S6204.2RSR.W203B	25,6	41,4	1
	20	47	18	1	38,4	41	28,8	0,139	12,7	6,55	10000	19000	62204.2RSR	25,6	41,4	1
	20	52	15	1,1	41,9	44,4	30,3	0,151	16	7,8	34000	18000	6304	27	45	1
	20	52	15	1,1	41,9	44,4	30,3	0,151	16	7,8	34000	18000	S6304.W203B	27	45	1
	20	52	15	1,1	41,9	44,4	30,3	0,155	16	7,8	14000	18000	6304.2ZR	27	45	1
	20	52	15	1,1	41,9	44,4	30,3	0,155	16	7,8	9500	18000	6304.2RSR	27	45	1
	20	52	21	1,1	42,1	44,4	30,3	0,209	16	7,8	9500	18000	62304.2RSR	27	45	1
	20	72	19	1,1	55		37	0,415	30,5	15	28000	15000	6404	29	63	1
25	25	47	8	0,3	39,7	41,1	32,2	0,055	7,2	4,65	19000	14000	16005	27	45	0,3
	25	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,08	10	5,85	36000	17000	6005	28,2	43,8	0,6
	25	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,082	10	5,85	36000	17000	S6005.W203B	28,2	43,8	0,6
	25	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,083	10	5,85	15000	17000	6005.2ZR	28,2	43,8	0,6
	25	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,083	10	5,85	10000	17000	6005.2RSR	28,2	43,8	0,6
	25	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,083	10	5,85	10000	17000	S6005.2RSR.W203B	28,2	43,8	0,6
	25	52	15	1	43,6	45,4	33,5	0,128	14	7,8	17000	17000	6205	30,6	46,4	1
	25	52	15	1	43,6	45,4	33,5	0,128	14	7,8	17000	17000	S6205.W203B	30,6	46,4	1
	25	52	15	1	43,6	45,4	33,5	0,132	14	7,8	14000	17000	6205.2ZR	30,6	46,4	1
	25	52	15	1	43,6	45,4	33,5	0,132	14	7,8	9000	17000	6205.2RSR	30,6	46,4	1
	25	52	15	1	43,6	45,4	33,5	0,132	14	7,8	9000	17000	S6205.2RSR.W203B	30,6	46,4	1
	25	52	18	1	43,6	45,4	33,5	0,156	14	7,8	9000	17000	62205.2RSR	30,6	46,4	1
	25	62	17	1,1	50,2	52,5	36,4	0,234	22,4	11,4	28000	15000	6305	32	55	1
	25	62	17	1,1	50,2	52,5	36,4	0,237	22,4	11,4	28000	15000	S6305.W203B	32	55	1
	25	62	17	1,1	50,2	52,5	36,4	0,24	22,4	11,4	11000	15000	6305.2ZR	32	55	1
	25	62	17	1,1	50,2	52,5	36,4	0,242	22,4	11,4	7500	15000	6305.2RSR	32	55	1
	25	62	17	1,1	50,2	52,5	36,4	0,245	22,4	11,4	7500	15000	S6305.2RSR.W203B	32	55	1
	25	62	24	1,1	50,2	52,5	36,4	0,272	22,4	11,4	7500	15000	62305.2RSR	32	55	1
25	80	21	1,5	63,1		45,4	0,56	36	19,3	22000	14000	6405	36	69	1,5	
30	30	55	9	0,3	47,5	48,8	37,7	0,082	11,2	7,35	16000	12000	16006	32	53	0,3
	30	55	13	1	47,2	49,2	38,3	0,122	12,7	8	32000	15000	6006	34,6	50,4	1
	30	55	13	1	47,2	49,2	38,3	0,109	12,7	8	32000	15000	S6006.W203B	34,6	50,4	1
	30	55	13	1	47,2	49,2	38,3	0,125	12,7	8	13000	15000	6006.2ZR	34,6	50,4	1
	30	55	13	1	47,2	49,2	38,3	0,125	12,7	8	8500	15000	6006.2RSR	34,6	50,4	1

Anexo 2. Planos constructivos



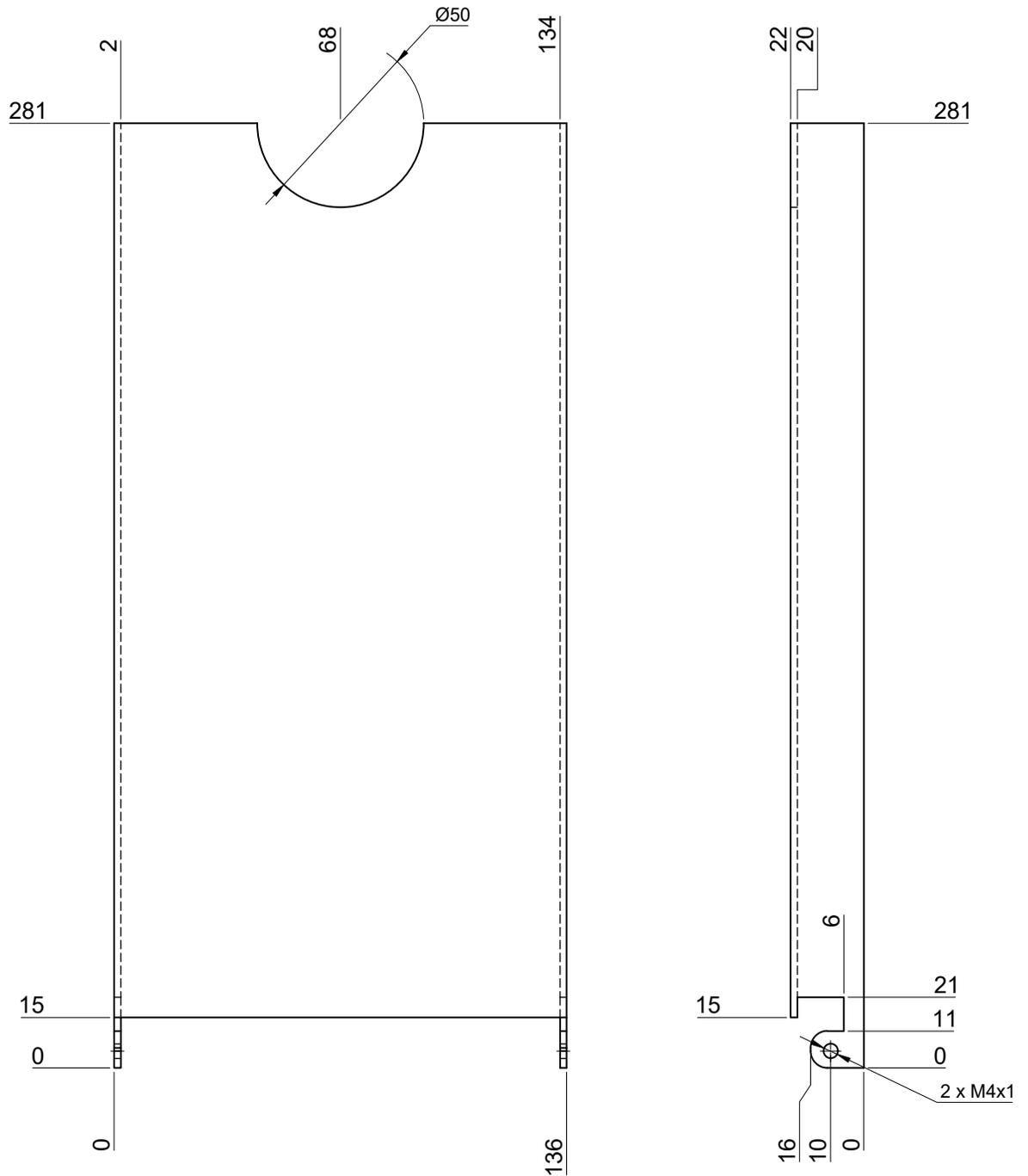
B (1:5)



1	Sección inferior	ASTM A36	Acero negro	9	01.01.08		
1	Sección posterior	ASTM A36	Acero negro	8	01.01.07		
1	Sección superior	ASTM A36	Acero negro	7	01.01.06		
1	Chumacera	ASTM A36	Acero negro	6			Ø25.4mm
1	Sección izquierda	ASTM A36	Acero negro	5	01.01.05		
1	Sección frontal	ASTM A36	Acero negro	4	01.01.04		
1	Sección derecha	ASTM A36	Acero negro	3	01.01.03		
1	Soporte de Seguridad	ASTM A36	Tubo cuadr.	2	01.01.02		
1	Compuerta de registro eléctrico	ASTM A36	Acero negro	1	01.01.01		
N. de piezas	Denominación	N. de norma o dibujo	Material	No. de orden	Numero del modelo	Peso	Observaciones
			Tolerancia +0.2 -0.2 En todas las superficies	Peso	Materiales Varios		
			Fecha	Nombre	Denominación		Escala
			Dib.	22-12-2023	Jorge Guzmán	Cicloparqueadero	1:8
			Rev.	29-12-2023	Jorge Carrión		
			Aprob.	11-01-2024	Jorge Carrión		
					Numero de dibujo		
					01.01.00		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



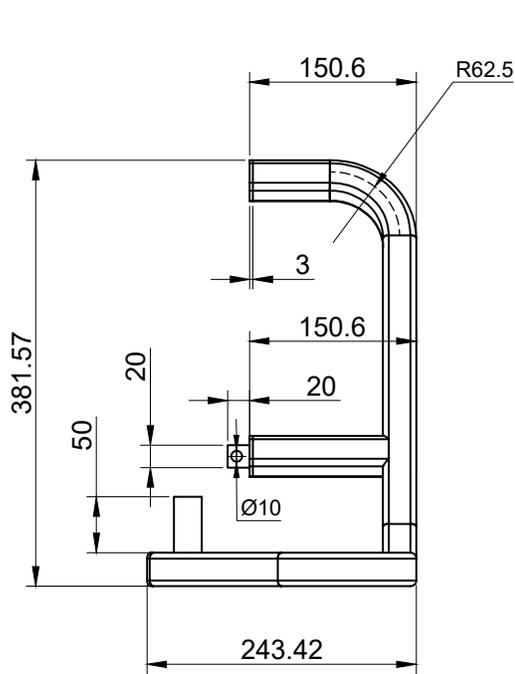
Pintado en aerosol
Todas las superficies



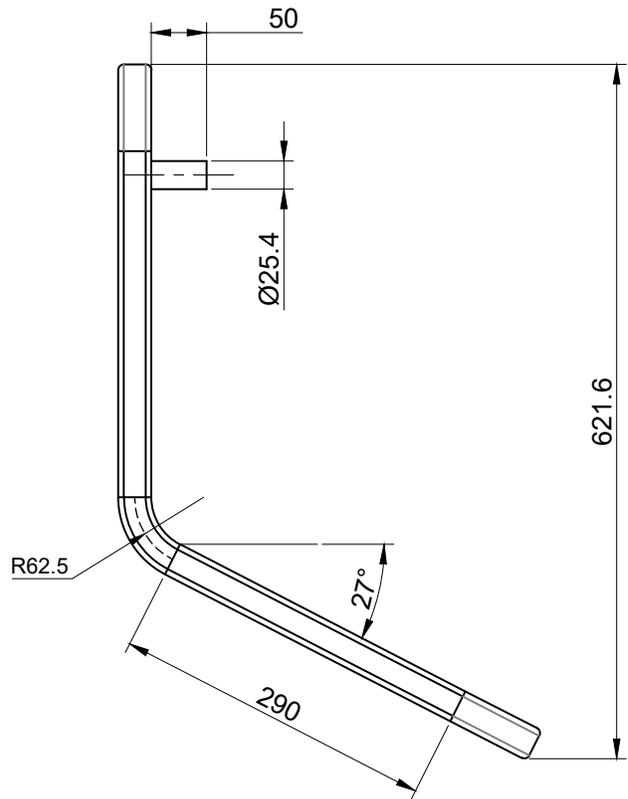
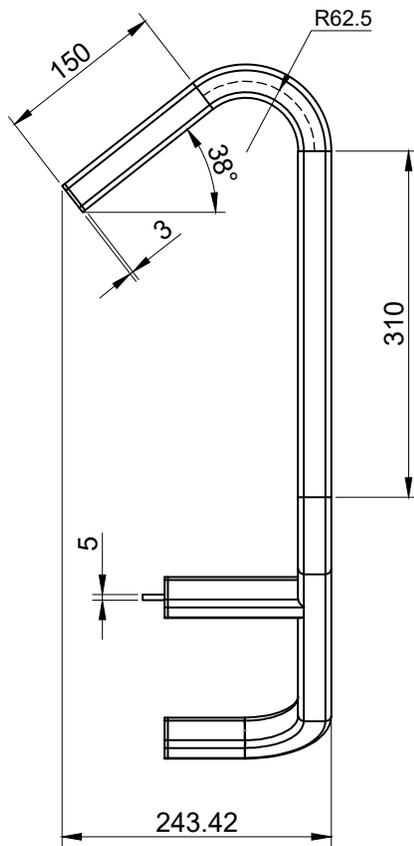
Notas:

- Todas las medidas están en milímetros, a menos que se especifique otra.
- Cantidad de piezas: 1

				Tolerancia +0.2 -0.2 En todas las superficies	Peso	Material Acero negro ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación Compuerta de registro eléctrico	Escala 1:2
			Dib.	22-12-2023	Jorge Guamán		
			Rev.	29-12-2023	Jorge Carrión		
				Aprob.	11-01-2024	Jorge Carrión	
						Número de dibujo 01.01.01	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



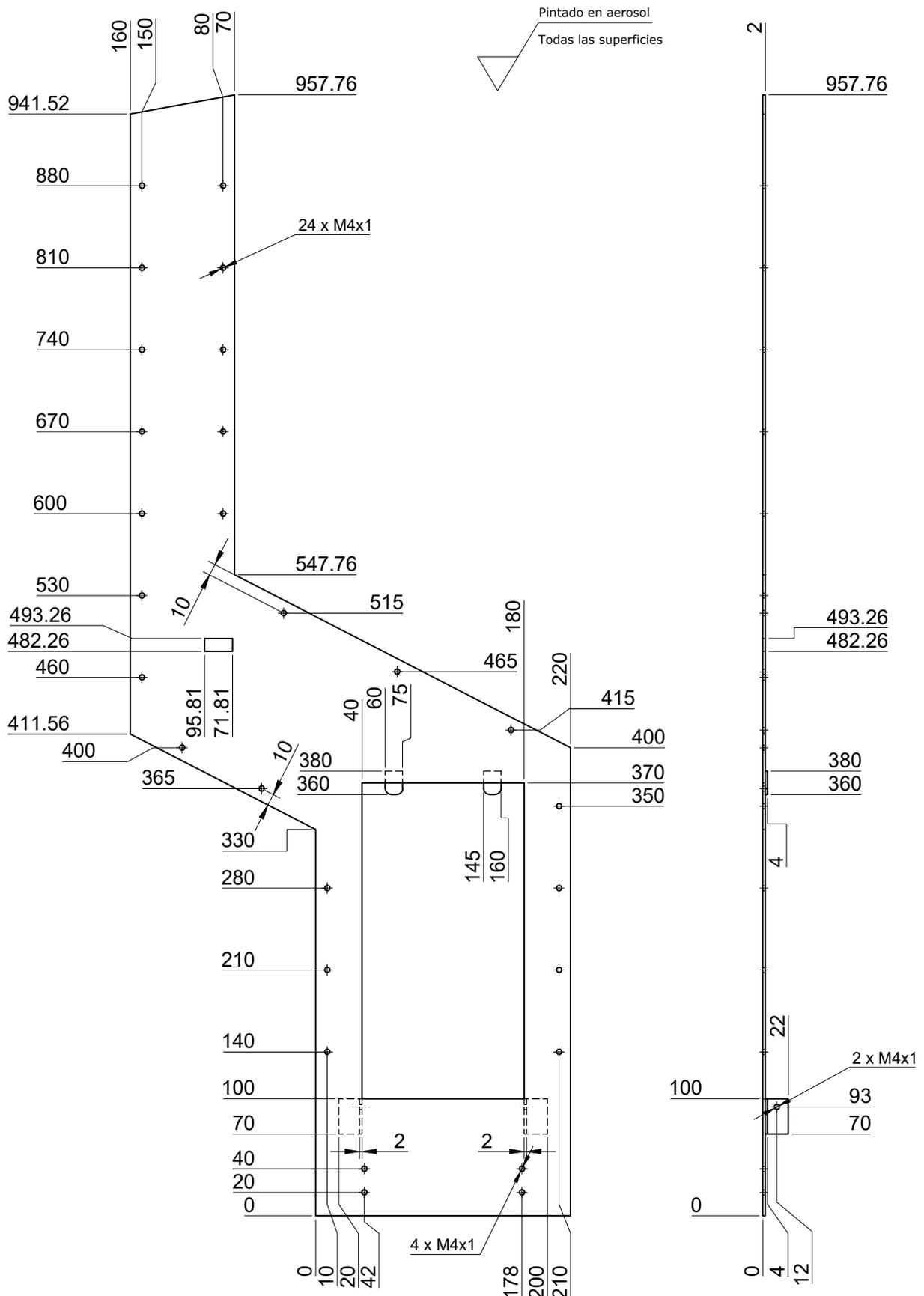
Pintado en aerosol
Todas las superficies



Notas:

- Todas las medidas están en milímetros, a menos que se especifique otra.
- Cantidad de piezas: 1
- Toda la pieza esta construida en tubo cuadrado de 30x30x2

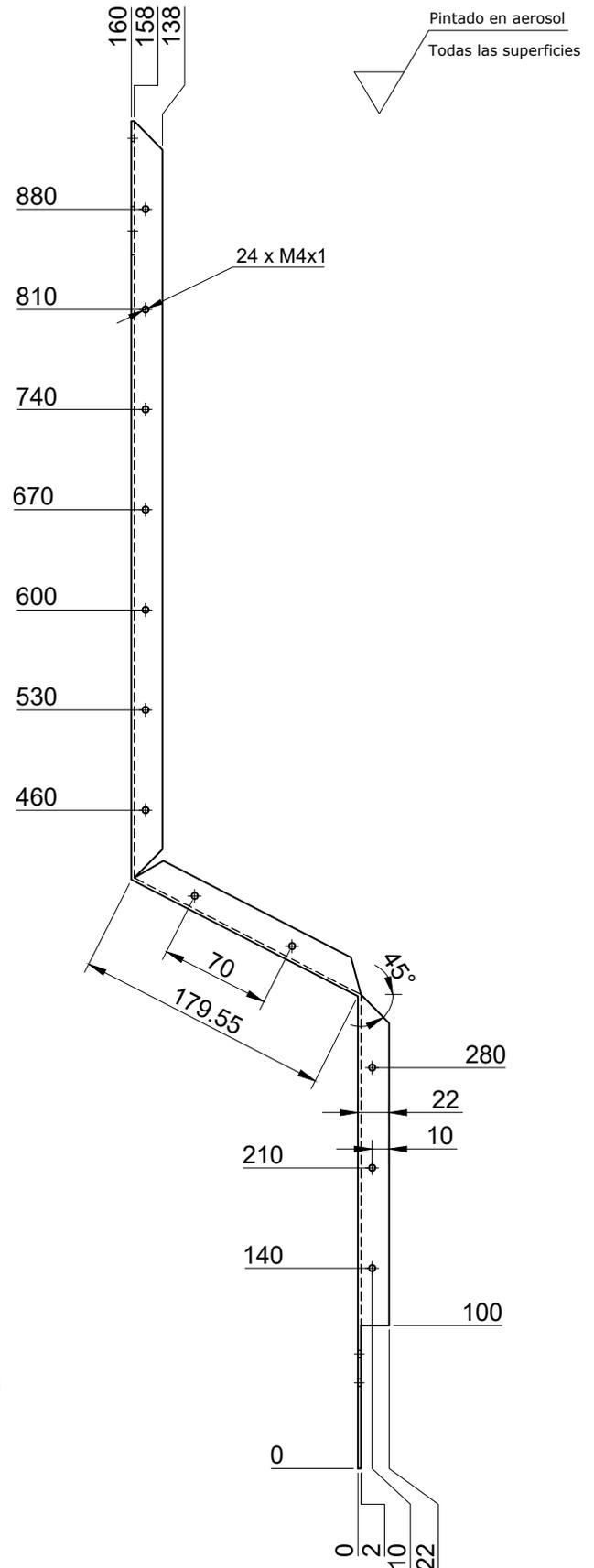
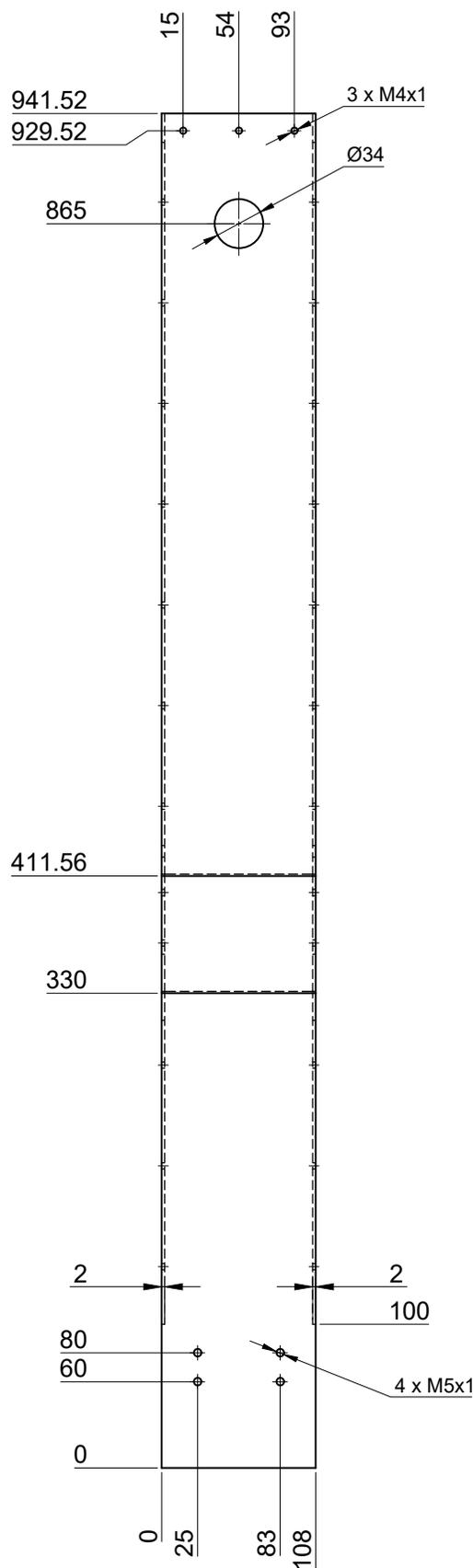
				Tolerancia +0.2 -0.2 En todas las superficies	Peso	Material Acero negro ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación Soporte de seguridad	Escala 1:7
			Dib.	22-12-2023	Jorge Guamán		
			Rev.	29-12-2023	Jorge Carrión		
				Aprob.	11-01-2024	Jorge Carrión	
						Número de dibujo 01.01.02	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



Notas:

- Todas las medidas están en milímetros, a menos que se especifique otra.
- Cantidad de piezas: 1

				Tolerancia +0.2 -0.2 En todas las superficies	Peso	Material Acero negro ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación Sección derecha	Escala 1:5
			Dib.	22-12-2023	Jorge Guamán		
			Rev.	29-12-2023	Jorge Carrión		
			Aprob.	11-01-2024	Jorge Carrión		
						Número de dibujo 01.01.03	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

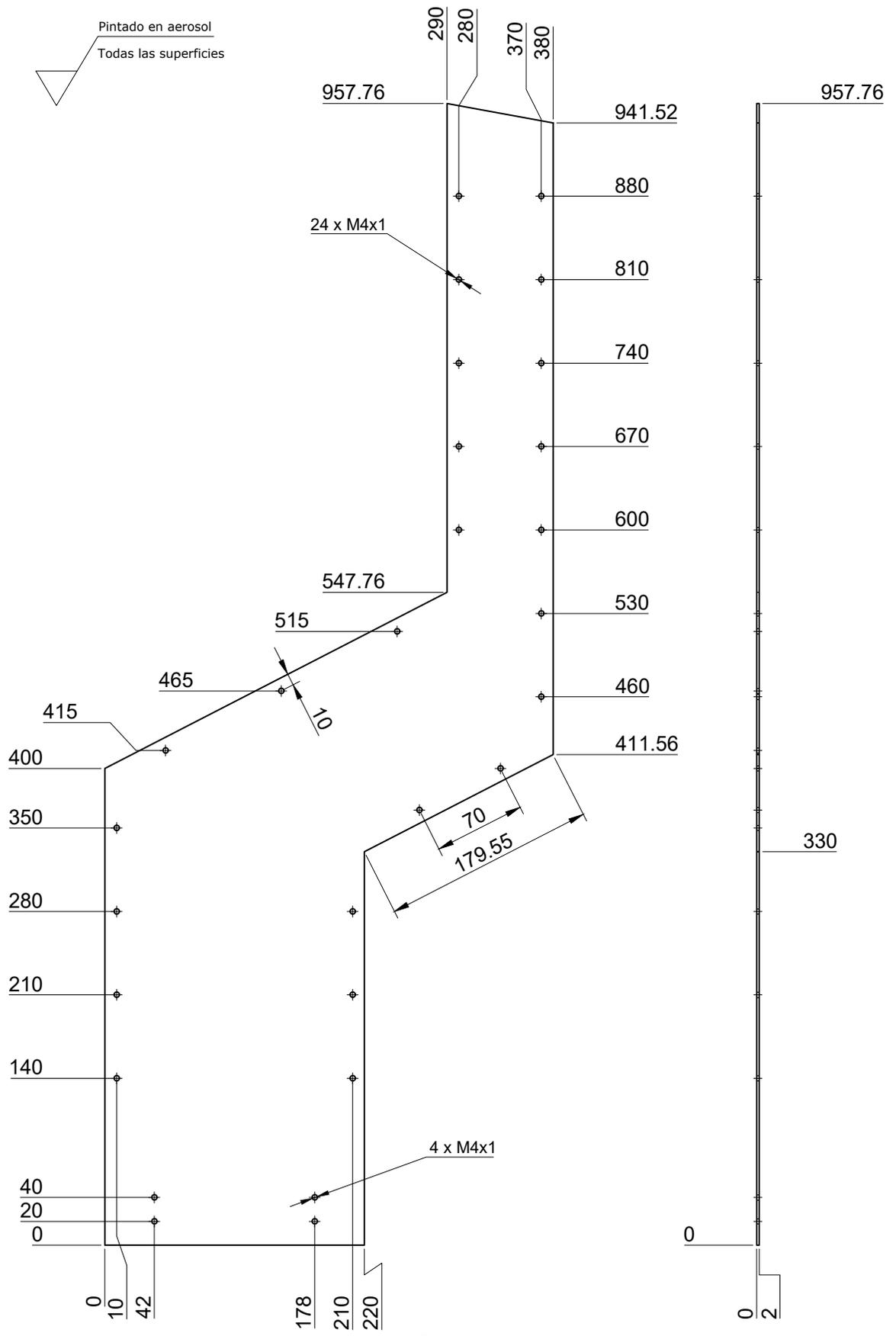


Notas:

- Todas las medidas están en milímetros, a menos que se especifique otra.
- Cantidad de piezas: 1

				Tolerancia +0.2 -0.2 En todas las superficies	Peso	Material Acero negro ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación Sección frontal	Escala 1:5
			Dib.	22-12-2023	Jorge Guamán		
			Rev.	29-12-2023	Jorge Carrión		
			Aprob.	11-01-2024	Jorge Carrión		
						Número de dibujo 01.01.04	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

Pintado en aerosol
Todas las superficies

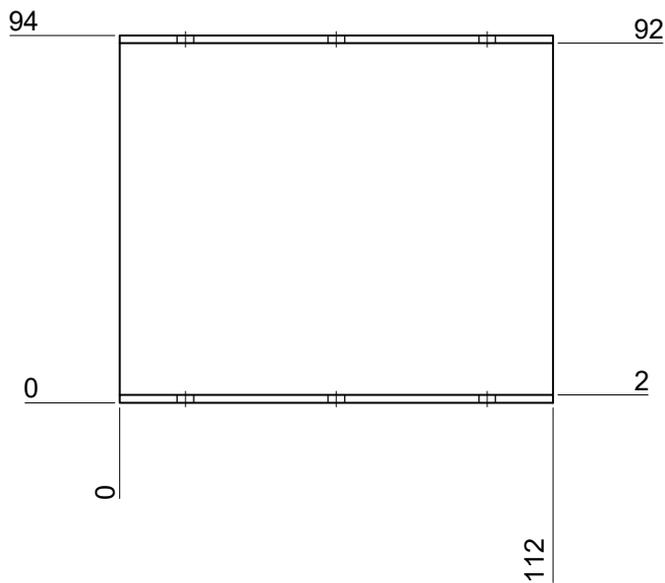
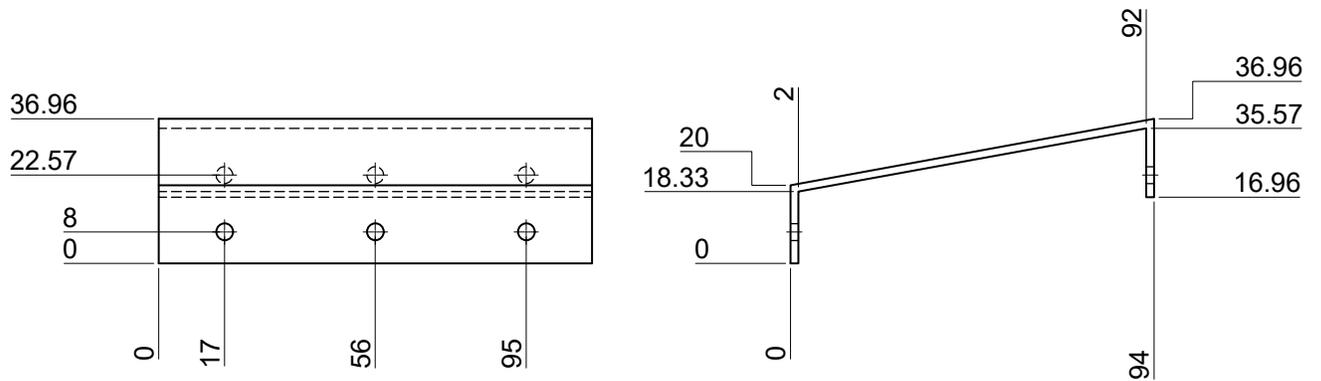


Notas:

- Todas las medidas están en milímetros, a menos que se especifique otra.
- Cantidad de piezas: 1

				Tolerancia +0.2 -0.2 En todas las superficies	Peso	Material Acero negro ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación Sección izquierda	Escala 1:5
			Dib.	22-12-2023	Jorge Guamán		
			Rev.	29-12-2023	Jorge Carrión		
			Aprob.	11-01-2024	Jorge Carrión		
						Número de dibujo 01.01.05	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

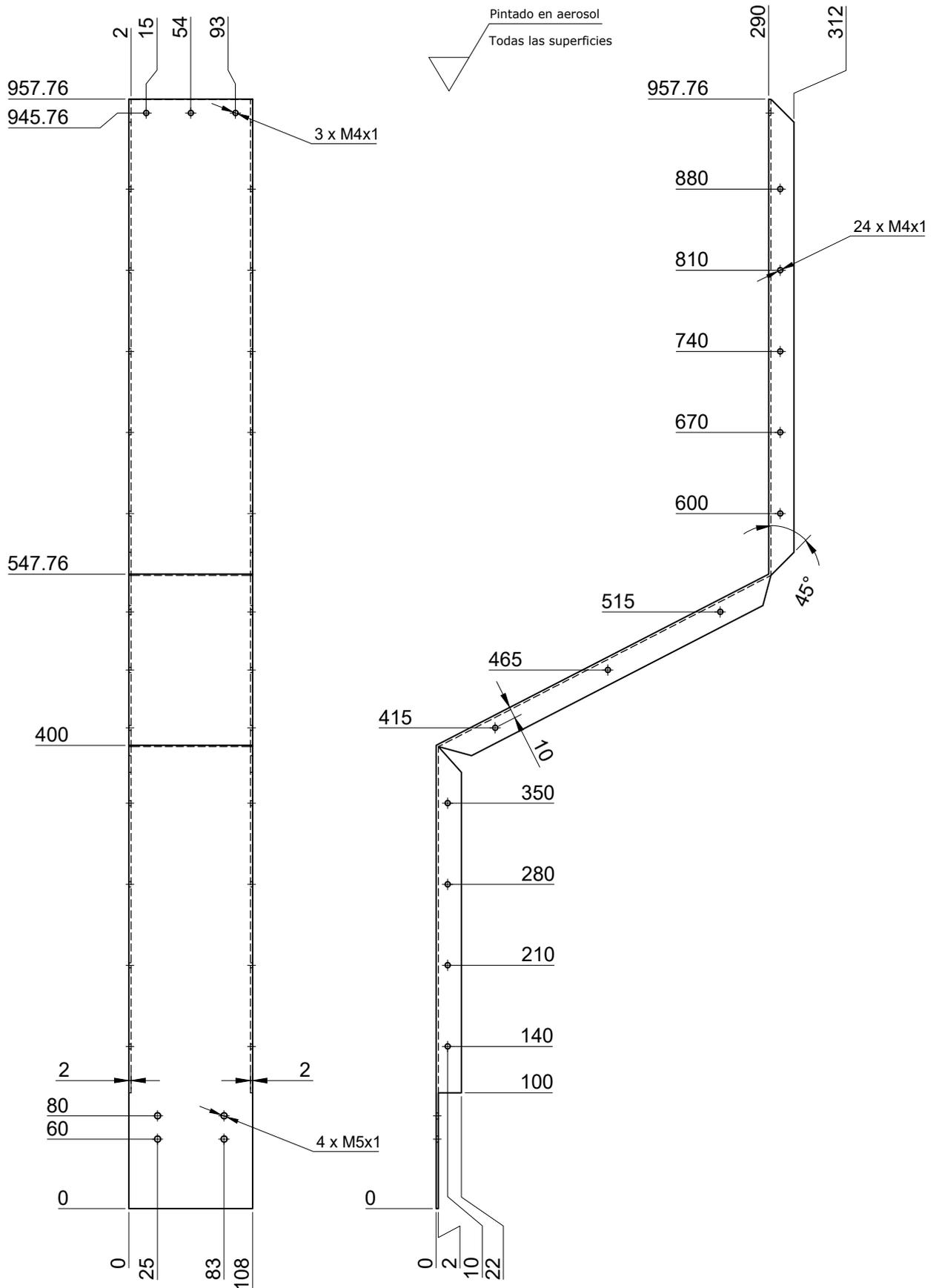
Pintado en aerosol
Todas las superficies



Notas:

- Todas las medidas están en milímetros, a menos que se especifique otra.
- Cantidad de piezas: 1

				Tolerancia +0.2 -0.2 En todas las superficies	Peso	Material Acero negro ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación Sección superior	Escala 1:2
			Dib.	22-12-2023	Jorge Guamán		
			Rev.	29-12-2023	Jorge Carrión		
				Aprob.	11-01-2024	Jorge Carrión	
						Número de dibujo 01.01.06	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

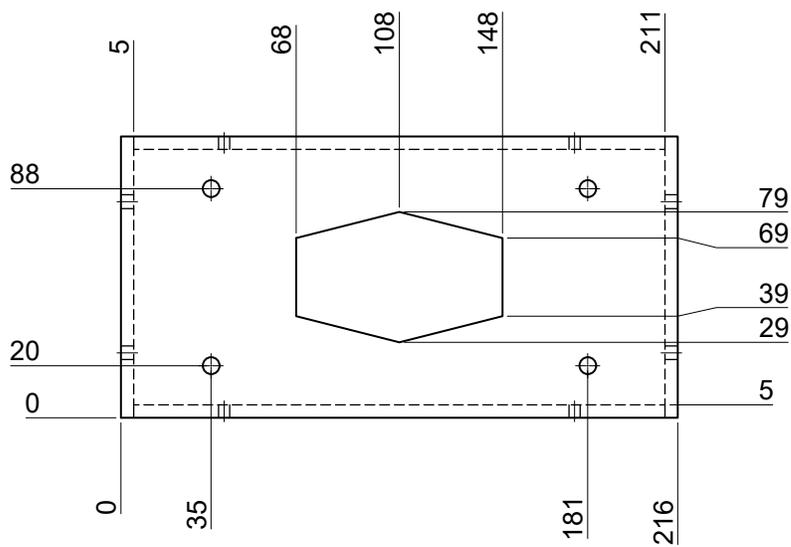
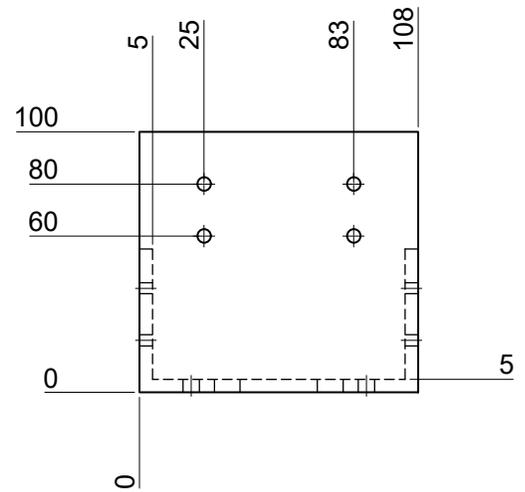
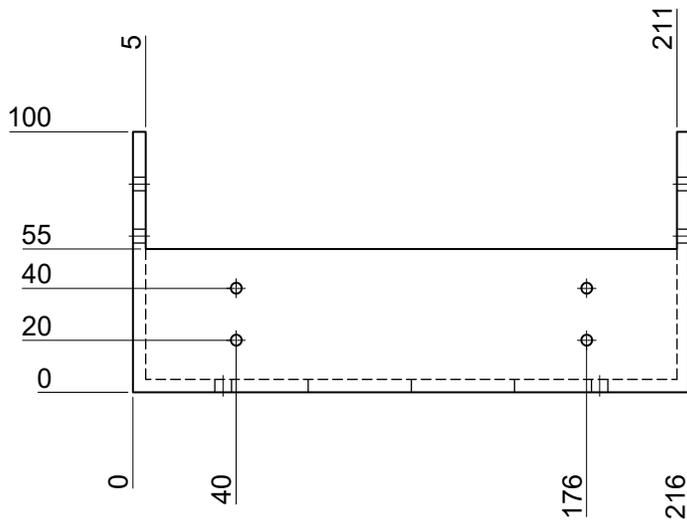


Notas:

- Todas las medidas están en milímetros, a menos que se especifique otra.
- Cantidad de piezas: 1

				Tolerancia +0.2 -0.2 En todas las superficies	Peso	Material Acero negro ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación Sección posterior	Escala 1:5
			Dib.	22-12-2023	Jorge Guamán		
			Rev.	29-12-2023	Jorge Carrión		
			Aprob.	11-01-2024	Jorge Carrión		
						Número de dibujo 01.01.07	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

Pintado en aerosol
Todas las superficies



Notas:

- Todas las medidas están en milímetros, a menos que se especifique otra.
- Cantidad de piezas: 1

				Tolerancia +0.2 -0.2 En todas las superficies	Peso	Material Acero negro ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación Sección inferior
				Dib.	22-12-2023	Jorge Guamán	
				Rev.	29-12-2023	Jorge Carrión	
				Aprob.	11-01-2024	Jorge Carrión	
						Número de dibujo 01.01.08	Escala 1:3
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

Anexo 3. Certificación de traducción del resumen

Loja 22 de Julio de 2024

CERTIFICADO DE TRADUCCION

EUROpeek INSTITUTO DE IDIOMAS

CERTIFICA:

Haber realizado la traducción de español a inglés del resumen del Trabajo de Titulación. El título es: **"Implementación de un aparcamiento de bicicleta automático"**. De autoría de Jorge Ricardo Guamán Cumbicos, portador de la cédula de identidad nro. 1900744069.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente documento en lo que creyere conveniente.



Firmado electrónicamente por:
NORALMA SORAYA
ORDÓÑEZ ORTEGA

Mg.Sc. Noralma Ordóñez Ortega
REPRESENTANTE LEGAL
EUROpeek INSTITUTO DE
IDIOMAS

R.U.C.: 1102404553001



@Europeek



@Europeek



(07) 254 6834
098 436 1690



098 980 0093