UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CABLEADO ELÉCTRICO Y CONTROL DE CARGA DE LAS BATERÍAS PARA UN PROTOTIPO DE AUTO ELÉCTRICO BIPLAZA UTA-CIM17.

AUTOR: VÍCTOR AUGUSTO ESCOBAR RAZO

TUTOR: Ing. Andrés Hidalgo. Mg.

AMBATO – ECUADOR

2019

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del presente Proyecto Técnico previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, bajo el tema "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CABLEADO ELÉCTRICO Y CONTROL DE CARGA DE LAS BATERÍAS PARA UN PROTOTIPO DE AUTO ELÉCTRICO BIPLAZA UTA-CIM17", ejecutado por el señor Víctor Augusto Escobar Razo, egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato.

CERTIFICO:

- El presente trabajo de investigación fue elaborado en su totalidad por el autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos.
- Ha sido concluido en su totalidad.

Ambato, junio 2019

Ing. Mg. Andrés Hidalgo

AUTORÍA DEL PROYECTO TÉCNICO

Los criterios emitidos en este proyecto técnico con el tema "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CABLEADO ELÉCTRICO Y CONTROL DE CARGA DE LAS BATERÍAS PARA UN PROTOTIPO DE AUTO ELÉCTRICO BIPLAZA UTA-CIM17", como también las ideas, análisis, y conclusiones son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor.

Ambato, junio 2019

Víctor Augusto Escobar Razo

CI: 1721827952

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que haga de este proyecto técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi proyecto técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, junio 2019

Víctor Augusto Escobar Razo

CI: 1721827952

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del proyecto técnico realizado por el estudiante Víctor Augusto Escobar Razo de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CABLEADO ELÉCTRICO Y CONTROL DE CARGA DE LAS BATERÍAS PARA UN PROTOTIPO DE AUTO ELÉCTRICO BIPLAZA UTA-CIM17".

Para constancia firman:

……..

Ing. Mg. Juan Paredes Salinas

……..

Ing. Mg. Diego Nuñez

Ambato, junio 2019

DEDICATORIA

"Lucho por una educación que nos enseñe a pensar y no por una educación que nos enseñe a obedecer"

-Paulo Freire

En primer lugar, dedico cada página y esfuerzo a mis padres Víctor Hugo y María Augusta, cuyos sacrificios y educación han sido pilares fundamentales para poder establecer a un hijo que enfrenta las adversidades del día al día con la vista hacia un mejor futuro para su familia.

Para mi hermana Vanessa y mi sobrina Danna, que junto a risas y desvelos comprendemos de una u otra manera que lo importante es estudiar, siendo personas de bien, humildes y transparentes con cualquier situación que vivamos.

A mi tía Adriana y mi tío Klever, que si bien ya no están con nosotros cada momento que se pasó a su lado forjaron a una persona que velará por su familia ante cualquier obstáculo.

A todos mis familiares y amigos por ser un apoyo incondicional dentro de toda la carrera y en si al finalizar esta etapa de mi vida, recordarles el apoyo que siempre tendrán de mi parte.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato especialmente a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

A todos los ingenieros por compartir sus conocimientos y consejos a lo largo de toda la carrera.

Al Ing. Mg. Andrés Hidalgo tutor del presente trabajo, quien me ayudó compartiendo sus conocimientos para el desarrollo y culminación de la investigación.

A mi tía Martha, mis primos Douglas, Andy, Sebastián, Luis, Mateo, Matías y Andrés, que junto a sus enseñanzas he aprendido a esforzarme por mí, por ellos y por todo en lo que creo.

A todos mis amigos, no solo de la facultad, sino en sí, de toda la Universidad Técnica de Ambato, al licenciado Pablo Carrera por ser un profesional ejemplar dentro las funciones que desempeña, Cristian, Elvis, Fernando, Julio, David, Ángel, Pablo, Gabriel, Jefferson, Juan, Gonzalo, Jesús, Oscar, Germán y Giovanni quienes son y serán unos grandes profesionales.

"La esperanza radica en el hombre, no por su fe, sino por sus actos"

V.H.E.Z.

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR II
AUTORÍA DEL PROYECTO TÉCNICO III
DERECHOS DE AUTOR IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO V
DEDICATORIA VI
AGRADECIMIENTO VII
ÍNDICE GENERAL VIII
ÍNDICE DE FIGURAS XI
ÍNDICE DE TABLAS XIII
RESUMEN EJECUTIVO XIV
SUMMARY XV
CAPÍTULO I. ANTECENDENTES 1
1.1. Tema 1
1.2. Antecedentes 1
1.3. Justificación 2
1.4. Objetivos 3
1.4.1. Objetivo General 3
1.4.2. Objetivos Específicos 3
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN 4
2.1. Investigaciones Previas 4
2.2. Fundamentación Teórica 5
2.2.1 Conductividad Eléctrica 6
2.2.2 Dieléctrico 6
2.2.3 Cable de Cobre 6
2.2.4 Aislantes Eléctricos 6
2.2.4.2.1. Resistencia de Aislamiento 7

2.2.4.2.2. Tipos de Aislantes 8
a) HULE NATURAL 8
b) HULE SBR o GRS 8
c) HULE BUTILO 8
2.2.5 Arnés 13
2.2.6 Identificación de Anexo planos Eléctricos 15
2.2.7 Manual de la Distribución Eléctrica 16
2.2.7.1 Consideraciones para el cableado eléctrico 17
2.2.8 Control de Carga de Baterías 21
2.2.8.1. Estado de Carga 21
2.2.8.2. Medición de las Baterías 21
CAPÍTULO III 23
DISEÑO DEL PROYECTO 23
3.1. Selección de Alternativas 24
3.1.1. Accesorios eléctricos-electrónicos 27
3.1.2. Distribución Eléctrica 28
3.1.2.1. Distribución Eléctrica para el Sistema de Potencia 29
3.1.2.2. Ganchos y Clips de Sujeción 31
a. Gancho para Cables Sueltos Alargado 32
b. Gancho para Cables Sueltos Ancho 32
c. Gancho de Sujeción para Cable Cero 32
d. Clip de Seguridad para Amarras de Nylon 33
3.1.2.3. Aislante de Cables 34
a. Termofundido 34
b. Tubo de Distribución 34
3.1.4. Carga de Baterías 35

3.1.4.1. Comparación entre Instalación Solar Fotovoltaica y Cargador Incorporado al Auto Eléctrico. 37
3.2. Cálculos 38
3.3. Presupuesto 46
3.4. Especificaciones Técnicas 46
3.4.1. Función 47
3.4.2. Sistema-Conexión 47
3.4.3. Tamaño 47
3.4.4. Optimización del Sistema Eléctrico 50
3.4.5. Carga de las Baterías 62
3.4.6. Manual Eléctrico 65
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 67
4.1. Conclusiones 67
4.2. Recomendaciones 68
C.- MATERIALES DE REFERENCIA 69
1. Bibliografía 69
2. Planos 71
3. Anexos 72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución eléctrica de un escarabajo VW 2
Figura 2. Sistema eléctrico dentro del automotor 4
Figura 3. Alambres y cables de cobre electrolítico 6
Figura 4. Aislante de un cable de alta tensión..... 7
Figura 5. Neopreno en cables de media tensión 9
Figura 6. Polietileno en cables de baja tensión 10
Figura 7. PVC como aislante de cables de baja tensión 10
Figura 8. Polietileno como aislante o tubo corrugado 11
Figura 9. EPR para cables de baja tensión 12
Figura 10. Termofundido para recubrimiento de cables eléctricos..... 12
Figura 11. Arnés eléctrico..... 13
Figura 12. Clips de seguridad para cables 14
Figura 13. Ganchos de sujeción de nylon 14
Figura 14. Correcta conexión entre cables 18
Figura 15. Marcas en terminales o conexión de cables..... 18
Figura 16. Diagrama de potencia del motor DC 25
Figura 17. Diagrama eléctrico del motor DC 26
Figura 18. Diagrama en escalera del control de faros y direccionales..... 26
Figura 19. Diagrama eléctrico accesorios 27
Figura 20. Distancias de la estructura del auto eléctrico..... 29
Figura 21. Primera posibilidad de distribución eléctrica 29
Figura 22. Segunda posibilidad de distribución eléctrica 30
Figura 23. Gancho para cables sueltos alargado 32
Figura 24. Gancho para cables sueltos ancho 32
Figura 25. Gancho de sujeción para cable cero..... 33
Figura 26. Clip de seguridad para amarras de nylon..... 33
Figura 27. Ejemplo de distribución de ganchos 34
Figura 28. Cables con recubrimiento de termofundido..... 34
Figura 29. Tubo corrugado con cables aislados 35
Figura 30. Tubo Corrugado PVC y metálico 35
Figura 31. Relación entre los problemas con las competencias del vehículo 36

Figura 32. Centro fotovoltaico 38
Figura 33. Cargador convencional de alta frecuencia 38
Figura 34. Partes del conductor eléctrico AWG 4/0 40
Figura 35. Medición del cargador con baterías descargadas 45
Figura 36. Código de interpretación de cables 47
Figura 37. Conexión eléctrica de manera empírica 51
Figura 38. Identificación de cables de conexión entre baterías 53
Figura 39. Colocación de ganchos dentro de la estructura 53
Figura 40. Mejoramiento del sistema eléctrico en la caja del controlador 54
Figura 41. Distribución del sistema eléctrico en el tablero 55
Figura 42. Sistema eléctrico dentro de la caja de Arduinos 56
Figura 43. Distribución del cableado eléctrico para faros delanteros 56
Figura 44. Determinación del arnés en base a conectores y aislantes con sus respectivos cables 57
Figura 45. Determinación de la ubicación de cada cable dentro de los conectores 57
Figura 46. Repotenciación de las conexiones eléctricas 58
Figura 47. Borneras del controlador y accesorios 59
Figura 48. Conectores de 9 pines 59
Figura 49. Determinación de mazo de cables 60
Figura 50. Aplicación del termofundido y conectores al cableado 60
Figura 51. Arnés eléctrico 61
Figura 52. Cableado final en el auto eléctrico CIM17 62
Figura 53. Instalación del cargador convencional con el banco de baterías 62
Figura 54. Lectura del voltaje de las baterías (42V y 36V) por medio del cargador 63
Figura 55. Lectura del voltaje de las baterías (12V y 18V) por medio del cargador 63
Figura 56. Error del cargador por polaridad invertida 64
Figura 57. Equipo y cables pertenecientes al cargador convencional de alta frecuencia 64
Figura 58. Distribución del cable de alimentación y conexión del cargador 64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Accesorios Eléctricos CIM17 27
Tabla 2. Comparación entre sujeción Superior e Inferior 31
Tabla 3. Comparación de posibilidades de carga de baterías 37
Tabla 4. Características eléctricas y mecánicas del conductor eléctrico AWG 4/0 ... 40
Tabla 5. Recurso Materiales 46
Tabla 6. Especificaciones Cableado Eléctrico 48
Tabla 7. Especificaciones de conectores eléctricos 50
Tabla 8. Resumen de incorporaciones en el sistema eléctrico 61

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CABLEADO ELÉCTRICO Y CONTROL DE CARGA DE LAS BATE RÍAS PARA UN PROTOTIPO DE AUTO ELÉCTRICO BIPLAZA UTA-CIM17.

Autor: Víctor Augusto Escobar Razo

Tutor: Ing. Mg. Andrés Hidalgo

RESUMEN EJECUTIVO

Dentro de un mejoramiento de la automatización, selección de partes y accesorios tanto eléctricos como electrónicos, se implementa el siguiente proyecto técnico, el cual analiza las mejores posibilidades para establecer una correcta distribución eléctrica, donde se incorporan normas, reglamentos y especificaciones en su mayoría internacionales, como son la ANSI EVSP Roadmap Standards Compendium y recopilación Tecnisupport UNIOVI, a nivel nacional se tiene la NTE INEN 1323:2009 con los cuales desarrollamos un criterio óptimo de análisis de cableado eléctrico, colocación de ganchos, aislantes para cables y carga de baterías de litio.

La identificación de factores como limitaciones eléctricas, conectores, terminales, materiales y capacidades de tubos de distribución, son algunas de las características que se desarrollaron dentro del presente proyecto técnico, encontrando que los factores más conflictivos son tanto la estructura como las baterías, para lo cual los conocimientos establecidos dentro de la carrera de ingeniería mecánica han ayudado para el diseño de planos, delimitación de cables en el tubo corrugado y colocación de los ganchos previstos en el arnés; dando un resultado de un máximo de 6 cables para un diámetro de media pulgada y de 25 cables para el de una pulgada correspondiente al tubo corrugado, de igual manera la carga de las baterías se estableció que en un tiempo máximo de 12 horas se cargaban en su totalidad y el mejor cable, es el denominado cable cero (4/0) bajo denominación AWG, el cual satisface las necesidades de conexión eléctrica.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO

FACULTY OF CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING

MECHANICAL ENGINEERING CAREER

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE ELECTRICAL WIRING SYSTEM AND BATTERY CHARGE CONTROL FOR A PROTOTYPE OF AUTO ELECTRIC BIPLAZA UTA-CIM17.

Author: Víctor Augusto Escobar Razo

Tutor: Ing. Mg. Andrés Hidalgo

SUMMARY

Within an improvement of automation, selection of both electrical and electronic parts and accessories, the following technical project is implemented, which analyzes the best possibilities to establish a correct electrical distribution, where mostly international standards, regulations and specifications are incorporated , such as the ANSI EVSP Roadmap Standards Compendium and Tecnisupport UNIOVI collection, the NTE INEN 1323: 2009 is nationally established, with which we develop an optimal criterion for the analysis of electrical wiring, placement of hooks, cable insulators and battery charging lithium.

The identification of factors such as electrical limitations, connectors, terminals, materials and distribution tube capacities, are some of the characteristics that were developed within this technical project, finding that the most conflicting factors are both the structure and the batteries, for which the knowledge established within the mechanical engineering career have helped to design plans, delimitation of cables in the corrugated pipe and placement of the hooks provided in the harness; giving a result of a maximum of 6 cables for a diameter of half an inch and 25 cables for that of an inch corresponding to the corrugated tube, in the same way the charge of the batteries was established that in a maximum time of 12 hours they were charged in its entirety and the best cable, is the so-called zero (4/0) cable under the AWG designation, which satisfies the electrical connection needs

CAPÍTULO I. ANTECENDENTES

1.1. **Tema**

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CABLEADO ELÉCTRICO Y CONTROL DE CARGA DE LAS BATERÍAS PARA UN PROTOTIPO DE AUTO ELÉCTRICO BIPLAZA UTA-CIM17.

1.2. **Antecedentes**

Según Taboola **[1]**, en el Ecuador desde el 2016 se han comercializado autos eléctricos, siendo las provincias de Pichinchas y Guayas las mas recurrentes en las compras de los mismos, dentro de los cuales se han realizado estudios tanto de factibilidad comercial, como de implementación en la recarga de las mismas **[2]**, en la Universidad Técnica de Ambato, específicamente en la Carrera de Ingeniería Mecánica se desarrollo un proyecto de titulación, el cual consiste en la Adaptación de un Buggy con motor de combustión interna a un Sistema Eléctrico **[3]**, de esta última referencia, se basa la investigación de nuevos modelos de automóviles eléctricos en base a las normas y especificaciones como son: ISO 21848, IEEE Trans Energy Convers 17(2):442–451, IEEE Trans Energy Conversion 21(2):504–511, IEEE Trans Smart Grid 3:456–467, en el reporte de progreso ANSI para autos eléctricos V 2.0 **[4]**, se especifican las normas del cableado eléctrico, la cual es una parte fundamental dentro de la alimentación de los accesorios y autonomía del auto eléctrico, entre las cuales se analizan el cableado tanto de potencia (alta tensión) y de componentes (baja tensión), ya que aporta y se complementarán por medio de investigaciones de distribuciones eléctricas en base a automóviles de combustión interna.

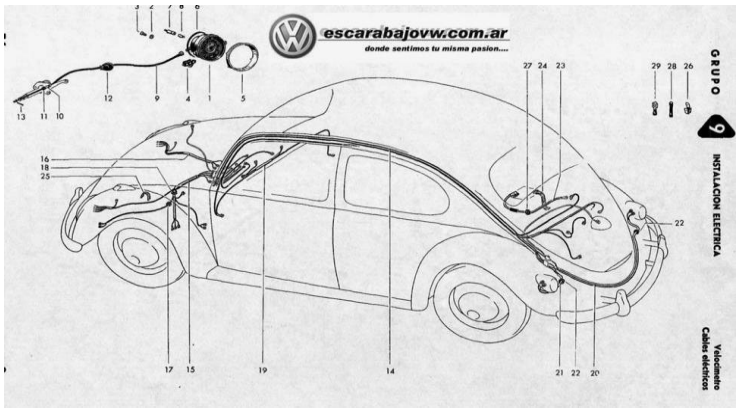


Figura 1. Distribución eléctrica de un escarabajo VW **[5]**

En la Figura 1. Se puede observar la distribución eléctrica de un escarabajo, el cual sirve de referencia para identificar los posibles desgloses del cableado eléctrico, tomando en cuenta que deben de ser aislados y establecidos por medios tanto de la estructura como de la carrocería.

1.3. **Justificación**

Los niveles contaminantes dentro del Parque Automotor en la Provincia de Tungurahua es un tema de constante investigación y debate, por lo cual la propuesta de implementar un sistema alternativo es una de las principales razones para revolucionar la industria carrocera y automotriz con un modelo Biplaza de auto eléctrico denominado CIM 17.

Entre los sistemas propuestos se encuentra el sistema eléctrico y por medio de dicho proyecto de investigación se van a analizar las necesidades eléctricas que se podrían utilizar para el mencionado auto, así como la potencia y la capacidad de los equipos e instrumentos, optando por modelos que sean amigables con el medio ambiente, tomando en cuenta que es una provincia carrocera, en la mayoría de casos, el análisis eléctrico como su distribución no se especifican bajo normas y anexo planos, estableciendo generalmente un trabajo artesanal, el presente proyecto de tesis, define bajo especificaciones americanas y europeas dichas distribuciones eléctricas como sus limitaciones establecidas bajo normas.

En Ambato la utilización de autos eléctricos no es algo novedoso, ya que existen diferentes prototipos y modelos enfocados a dicha área, proyectando investigaciones que se visualizarán en el presente trabajo de titulación, como se especifica en investigaciones y proyectos técnicos de la UTA, ESPOCH y UTC, [3,7,8], donde las tesis realizadas, aportan teorías y aplicaciones para el sistema eléctrico que se desea implementar.

La utilización de técnica del manejo de energías y andamiaje del sistema es un tema de gran interés y estudio, por lo cual un prototipo de auto eléctrico con su respectivo análisis del sistema de cableado, carga de las baterías y arnés estructural determina una de las partes fundamentales dentro del proyecto, ya que será la base para el sistema de alimentación de los diferentes equipos y componentes.

El presente trabajo es parte del proyecto de titulación donde se analizan diferentes sistemas, mecanismos y accesorios, donde las bases de ingeniería desarrollarán un producto final de una alta calidad con componentes y metodologías acorde a las necesidades de la zona 3 del país.

1.4. **Objetivos**

1.4.1. **Objetivo General**

Implementar el sistema de cableado eléctrico, y control de carga de las baterías para un prototipo de auto eléctrico biplaza UTA-CIM17.

1.4.2. **Objetivos Específicos**

- Determinar la distribución del cableado y código de colores para el sistema eléctrico del auto eléctrico, establecido bajo norma.
- Diseñar el arnés estructural para establecer el cableado eléctrico.
- Elaborar un manual eléctrico de identificación de los conectores, cableado, arnés y línea de procesos del sistema de cableado eléctrico para la instalación.
- Implementar el sistema de carga de las baterías con sus respectivas pruebas de funcionamiento.

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN

2.1. Investigaciones Previas

Para determinar los componentes esenciales dentro de un auto eléctrico, primero se van a establecer dichos elementos en un automóvil convencional, tomando en cuenta características como la ubicación, distribución eléctrica y cableado a utilizarse.

En la Figura 2, se puede observar principalmente tres sistemas eléctricos, los cuales son de accesorios, de carga y arranque, de los cuales se desglosa el encendido e iluminación, para el prototipo de auto eléctrico biplaza CIM-17 se han especificado tres sistemas eléctricos principales, los cuales son; sistema de potencia, sistema de carga y sistema de accesorios, cada uno tiene sus características como se mencionó con anterioridad. En la Figura 1, se presenta el sistema eléctrico adaptado a la estructura del vehículo, que se toma como consideración principal al momento de establecer la distribución eléctrica para el auto eléctrico biplaza CIM-17.

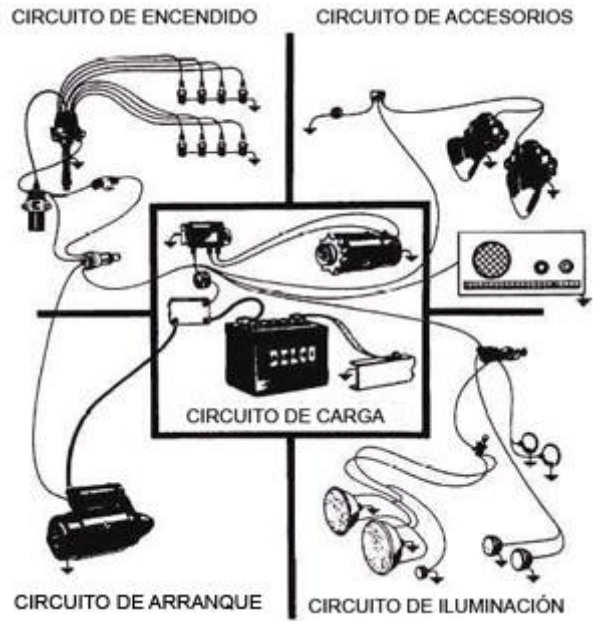


Figura 2. Sistema eléctrico dentro del automotor **[6]**

Dentro de las aportaciones para establecer un control de cargas eficiente y distribución eléctrica, se han establecido fuentes bibliográficas como en el Diseño y Construcción de un Sistema de Carga Inductiva para Autos Eléctricos **[7]**, donde se establecen parámetros

de carga, selección y especificaciones de las baterías a cargar y condiciones finales para las cargas de las mismas, entre lo cual se profundizará en capítulos posteriores.

En dicha fuente bibliográfica se analizan condiciones de carga para las baterías en base Níquel, si bien su composición es diferente a las compuestas en base de Litio poseen similares características de carga, enfocados a sus altas corrientes, sus tres procesos principales de recarga de baterías y condiciones para evitar el rápido deterioro de estas.

En la Universidad Técnica de Cotopaxi, se desarrolló el tema de titulación bajo el tema Diseño e Implementación de un Sistema de Control y Operación de un Vehículo Eléctrico Alimentado con Energía Alternativa, en la Universidad Técnica de Cotopaxi **[8]**, donde se establecen particularidades como la utilización de señales PWM[°1] para el control de velocidades, bajo dichas especificaciones se puede tomar en cuenta para especificar el cableado en base a la corriente tanto de armadura, como de arranque, estableciendo factores de potencia en relación a los sistemas mecánicos preestablecidos, si bien el controlador que se ha diseñado dentro de dicha tesis, no es el mismo que se implementa en auto eléctrico Biplaza CIM-17, comparten similitudes de variables en base a los sistemas implicados.

En la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, se estableció el proyecto de titulación bajo el tema Adaptación de un Buggy con Motor de Combustión Interna a un Sistema Eléctrico **[3]**, donde factores de control y accesorios eléctricos se consideraron para implementar dentro del Biplaza, ya que se tiene el respaldo de la eficacia de los mismo, como es el motor, pulsadores y componentes esenciales en la caja controladora del auto eléctrico.

2.2. Fundamentación Teórica

Para un entender al sistema eléctrico, se debe de partir de conceptos referentes al sistema en cuestión, como es la conductividad eléctrico, el material dieléctricoy propiedades de diferentes materiales, posteriormente se establecen aislantes y conductores dentro del análisis del mejoramiento del sistema eléctrico.

[°1] PWM: Señal o funete de energía dentro de un trabajo (Pulse-Width Modulation)

2.2.1 Conductividad Eléctrica

Se define a la conductividad eléctrica como la propiedad de un material para que sirva de conductor, en general, las diferentes formas de la materia, tanto si están en estado líquido o sólido tienen un cierto grado de conductividad eléctrica, lo cual establece si un material es buen conductor o carece casi en su totalidad de dicha propiedad, en el Anexo A. Se puede observar de mejor manera los coeficientes y conductividades de diferentes materiales. **[9]**

2.2.2 Dieléctrico

El material denominado dieléctrico es aquel considerado como un mal conductor de la electricidad, por lo que se lo utiliza como aislante eléctrico, en el caso que este sea sometido a un campo eléctrico externo, puede establecerse un campo eléctrico interno. **[10]**

2.2.3 Cable de Cobre

El cobre es un metal de color rojizo, que es fácilmente maleable y dúctil, siendo unos de los mejores conductores tanto de electricidad como de calor.

La principal función de los cables de cobre es la conducción, de lo cual se puede establecer que dicho conductor eléctrico permite el continuo paso de corriente cuyos dos extremos se someten a un diferencial de potencial. **[9]**

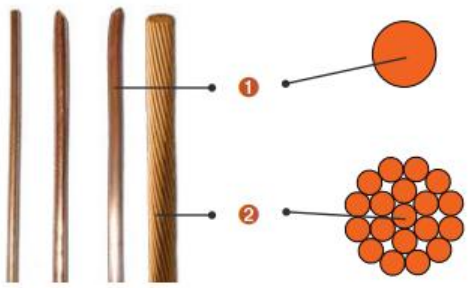


Figura 3. Alambres y cables de cobre electrolítico **[10]**

Se puede observar en la Figura 3, en la sección (1) es correspondiente a los alambres sólidos, cuya tensión de trabajo es baja, a comparación de la sección (2), donde por su configuración concéntrica resiste mucha más tensión, para una comprensión más amplia de la caracterización y tipos de alambres y cables bajo norma AWG, visualizado en el Anexo H.

2.2.4 Aislantes Eléctricos

Actualmente, dependiendo las características de corriente a transmitir, los aislantes suelen ser una mezcla de capas entre las combinaciones de diferentes tipos de materiales. **[9]**

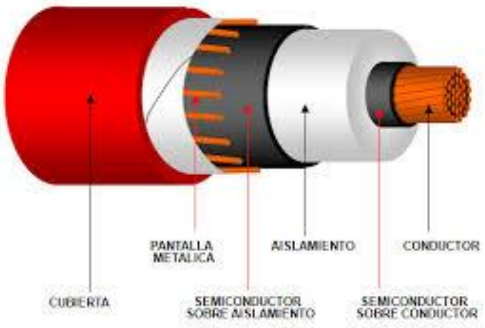


Figura 4. Aislante de un cable de alta tensión **[9]**

En la Figura 4, se identifica el tipo de aislamiento que tiene un cable en las inscripciones que aparecen sobre él, las cuales son abreviaciones del inglés. Los cables que se utilizan para instalaciones en viviendas y oficinas son: THN, THW, THHW y THWN. El significado de estas abreviaturas es el siguiente:

- T (Thermoplastic): Presente en todos los cables y se establece como el aislante termoplástico.
- H (Heat resistant): Resistencia al calor con un máximo a 75° centígrados **(**167° F).
- HH (Heat resistant): Resistencia al calor con un máximo a 90° centígrados (194° F).
- W (Water resistant): Resistencia al agua y a la humedad.
- LS (Low smoke): El presente cable posee una baja emisión de humos y posee bajo contenido de gases contaminantes.
- SPT (Service paralell thermoplastic): Presente en la identificación de un cordón que se compone de dos cables paralelos y flexibles con su respectivo aislamiento de plástico y que tienen unión entre sí, el cual también se denomina cordón dúplex. [9]

2.2.4.2.1. Resistencia de Aislamiento

Dentro de un aislante su resistencia es aquella oposición al paso de la corriente eléctrica, la cual es medida en dirección al establecimiento del aislante.

En el caso que exista, la denominada corriente de fuga, esta sigue dos caminos:

- A través del interior del material
- Sobre la superficie

Por lo cual la resistencia del aislante se presenta paralelamente dentro de estos dos caminos.

Para medir la resistividad superficial se tienen los Mega Ohmios (MΩ), establecida por la resistencia que ofrece el material a la corriente eléctrica de dos puntos sometidos a tensión.

Dentro del establecimiento e incorporación de los aislantes, se deben de tomar como prioridad las características de limpieza y climatológicas en las que será colocado, ya que elementos externos como las grasas y la acumulación de polvo reduce la resistividad del aislamiento superficial. [10]

2.2.4.2.2. Tipos de Aislantes

a) **HULE NATURAL**

En los inicios de la industrialización, este tipo de aislante eléctrico era ampliamente utilizado, pero fueron reemplazados por los hules sintéticos llamados elastómeros, por sus mejores propiedades bajo situaciones externas como humedad, cambios bruscos de temperatura y previsión ante incendios. [9]

b) **HULE SBR o GRS**

Conocido generalmente como hule estireno-butadieno, el cual fue el primer material sintético en sustituir al hule convencional, se le conoce también como:

- Hule BUNA-S
- Hule SBR o GRS.

Su resistencia a condiciones como el calor y la humedad son mejores que el natural, afectando a sus cualidades mecánicas, en donde el hule tiene mejores propiedades, su formulación sintética lo hace ideal bajo condiciones eléctricas y es ampliamente utilizado en bajas tensiones y operaciones de hasta 90 °C. [9]

c) **HULE BUTILO**

Sus propiedades en alta tensión superan al hule SBR, donde puede llegar hasta los 35000 Voltios, con condiciones máximas de temperatura de 90 °C, donde su resistencia al calor y rigidez dieléctrica proporcionan evitan que se vean afectados a la deformación térmica. [9]

d) POLICLOROPRENO, (NEOPRENO)

El neopreno, actualmente es utilizado es aislamiento eléctrico de baja tensión (600 Voltios), donde su limitación más clara es su contenido de cloro, pero se puede emplear de gran manera como cubierta externa de cables aislados, tomando en cuenta como base para nuevos compuestos, donde proporciona una buena resistencia mecánica a la tensión y rasgado, su estructura química es ideal para condiciones donde exista presencia de aceite, calor y humedad, siendo ideal para trabajos externos de baja tensión, evitando la propagación de la flama por su contenido de cloro, donde solo se mantiene ardiendo si se continua aplicando la flama, una vez que esta se detiene el neopreno ya no se sigue inflamando, trabaja bajo condiciones extremas de aislamiento de cables con temperatura desde -65 °C hasta 90 °C, en la Figura 5, se lo observa con sus respectivos recubrimientos y aislantes. [9]

Figura 5. Neopreno en cables de media tensión **[9]**

e) POLIETILENO CLOROSULFONADO, (CP) (HYPALON), (CSPE)

Se especifica bajo la norma NMX-J-061, donde se aplica para el aislamiento de cables bajo denominación RHH y RHW (cables de baja tensión), ampliamente utilizado para conexiones eléctricas automotrices.

Sus aplicaciones de aislante eléctrico son respaldadas por su resistencia al ozono y al efecto de corona (fenómeno espontáneo eléctrico que se establece en las líneas de alta

tensión), proporcionando condiciones aceptables de trabajo dentro de factores como calor, humedad, contacto con aceites y bajas temperaturas, representado en la Figura 6.

Su factor de potencia, su constante dieléctrica (carencia de conductividad eléctrica) y sus otros factores eléctricos no permiten un correcto aislamiento para altas tensiones. [9]

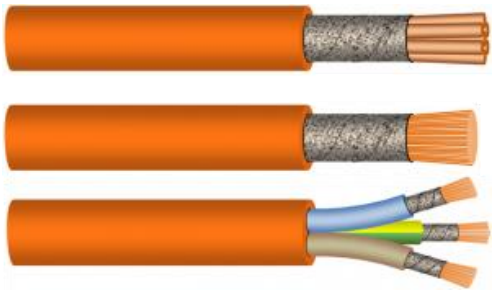


Figura 6. Polietileno en cables de baja tensión **[9]**

f) POLICLORURO DE VINILO (PVC) O (PVC-RAD)

Los compuestos presentes en este material aislante pueden ir hasta condiciones de trabajo de hasta 105 °C y bajas tensiones de 600 voltios, como se ha mencionado con anterioridad la presencia de cloro dentro de la composición los establecen como no propagadores de flama, baja emisión tanto de humos como de gases ácidos.

El PVC posee propiedades mecánicas considerablemente buenas, pero las cualidades eléctricas no son las más recomendables, es por eso que se trabaja a tensiones no mayores de 600 voltios, determinados en la Figura 7. [9]

Figura 7. PVC como aislante de cables de baja tensión **[9]**

g) POLIETILENO

Eléctricamente hablando, el polietileno posee las mejores cualidades en base a las propiedades mecánicas de los aislantes modernos, como son: alta rigidez dieléctrica, alta resistividad volumétrica. Sin embargo, sus limitaciones principales son su casi nula resistencia a la flama, bajo factor de potencia, su termoplasticidad, y constante dieléctrica.

Sea normalizado el polietileno como aislante para conductores de 600 voltios a 1000 voltios, donde se trabaje máximo con 75 °C

Sus propiedades tanto mecánicas como de resistencia ante la humedad lo hacen esencial al momento de trabajar con cables de comunicación tanto si son del tipo aéreos o subterráneos, se aplica ampliamente como aislante de cables telefónicos, su configuración está presente en la Figura 8. [9]

Figura 8. Polietileno como aislante o tubo corrugado **[9]**

Compuesto antihumedad: las especificaciones de diseño se establecen para poder delimitar el ingreso de humedad, donde existe condiciones favorables para la incorporación de cables eléctricos.

Manejabilidad: al no poseer toxicidad, es adecuado para manejarlo, por su composición de fabricación no posee olores desagradables por lo que es adecuado para la implementación como aislantes para cableado de baja tensión. [11]

Resistencia al Agua: su composición promueve evitar que exista un desgaste por medio del contacto con agua en cualquiera de sus estados.

Resistividad Volumétrica: mayor a $1x10^{12}$ ohmios sobre centímetro, cuyo valor se establece para determinar la resistencia eléctrica específica en este caso del polietileno, proporcionando una carencia de transmisión eléctrica.

h) ETILENO PROPILENO (EPR o EP)

Los aislamientos de EPR debidamente formulados y procesados poseen muy buenas cualidades eléctricas y físicas; sobresaliente resistencia térmica y al ozono así como una excelente estabilidad eléctrica en agua. Los cables aislados con etileno propileno poseen una muy buena flexibilidad que permite un adecuado manejo durante la instalación. Los rangos térmicos de trabajo son los mismos que se mencionan para el XLPE, dicho aislador se representa en la Figura 9.

Figura 9. EPR para cables de baja tensión **[9]**

En el Anexo B, las temperaturas máximas de trabajo en cortocircuito se tomaron en cuenta con tiempos no mayores a 5 segundos, es por eso por lo que son tan altas, no existe una completa combustión de los aislantes, ya que para corrientes de alta tensión se debe de considerar desconexiones automáticas en el caso que exista un sobre voltaje, conservando la integridad tanto de las máquinas como de las personas aledañas.

i) TERMOFUNDIDO PARA AISLANTE DE CABLES ELÉCTRICOS [11]

Los denominados termofundidos (hot melts), son aquellos compuestos que se solidifican a temperatura ambiente, pero con una correcta intervención de aumento de temperatura se convierten en fluidos, fusionándose con una superficie de contacto por medio de la aplicación de calor.

Al no contener disolventes, son altamente resistentes a fluidos como agua y grasas, representado en la Figura 10, de igual manera a gases como el vapor de agua y oxígeno.

Las temperaturas de trabajo, como se establecido con anterioridad, trabajan con rangos máximos de 150 a 180°C, donde si se llega a estos valores el cambio de fase de los termofundidos evita que se inflamen retardando la prolongación del fuego.

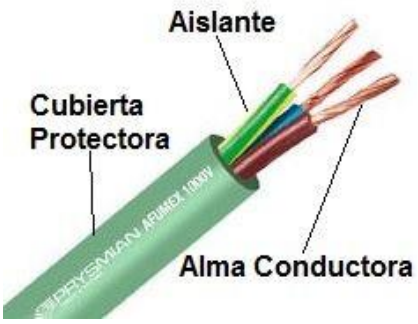


Figura 10. Termofundido para recubrimiento de cables eléctricos **[11]**

2.2.5 **Arnés**

Se define como arnés a una configuración o conjunto de cables establecido para un grupo de accesorios en concreto, el denominado arnés proporciona dirección, guía y aislamiento para el conjunto de cables, el cual si se establece de manera concreta puede ahorrar innecesarios grupos de cables o denominados cables muertos.

El previo establecimiento del arnés eléctrico reduce los tiempos de montaje y fabricación dentro de los vehículos y ayuda posteriormente a un mejor mantenimiento.

El cableado eléctrico si bien es una configuración con ciertos factores de complejidad, donde si se especifica correctamente pueden incluir múltiples cables que se intersecan como se representa en la Figura 11, cada cable se puede codificar o diferenciar por medio de colores y estableciendo factores de numeración que al final por medio de un catálogo de dicha distribución se reduce enormemente la dificultad para poder leer el cableado eléctrico para posteriores trabajos similares. [12]

Figura 11. Arnés eléctrico **[12]**

Para facilitar las configuraciones de los cables, es esencial establecer las siguientes consideraciones:

- Puntos de conexión.
- Independencia de otros cables, con diferencia de colores y su respectiva numeración.
- Establecer Plug, que facilitan su desconexión entre accesorios.

Configurar ganchos o clips para la sujeción del arnés dependiendo las necesidades de adaptación, como pueden ser el espacio de impregnación a la superficie, facilidad de remoción del gancho, costos de los clips y condiciones ambientales de trabajo. [12]

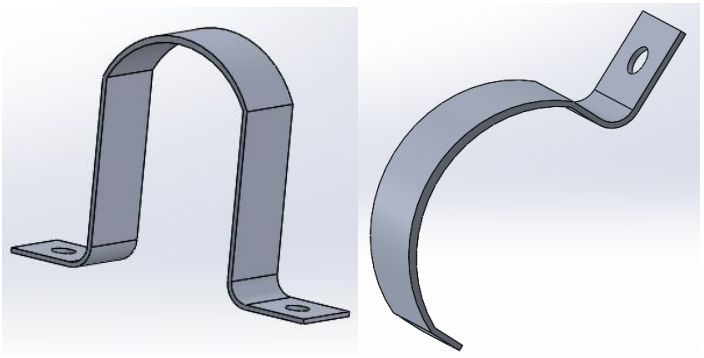


Figura 12. Clips de seguridad para cables **[12]**

En la Figura 12. se establecen diferentes composiciones de clips o ganchos de arnés, donde posteriormente se seleccionarán las más adecuadas para un arnés, mazo de cables y cableado independiente.

La norma europea EN 50146 [13], especifica que los materiales termoplásticos, cumplen las características necesarias para poder implementar la sujeción del cableado eléctrico y su correcta instalación presentes en la Figura 13, técnicamente los ganchos se conocen como bridas para el cableado, las cuales están fabricadas en poliamida (nylon) por su factibilidad con respecto a la resistencia a altas temperaturas, baja conductividad eléctrica y resistente a fracturas.

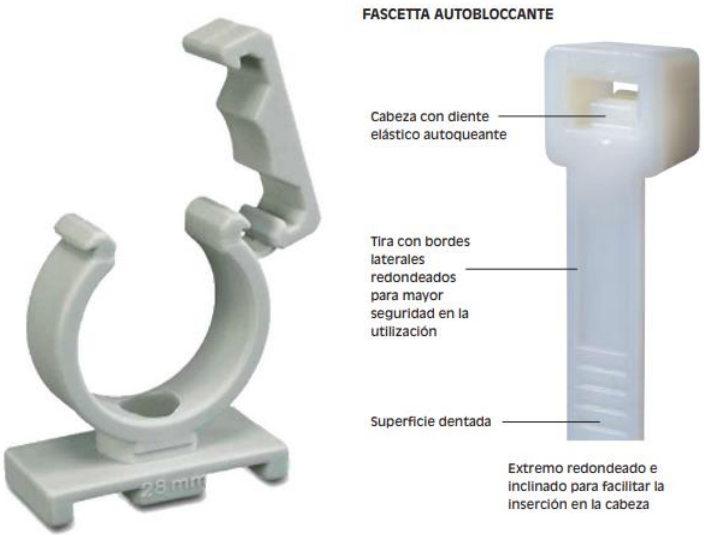


Figura 13. Ganchos de sujeción de nylon **[13]**

La poliamida (PA), bien sea de categorización 6.6 que es la más común o de valor 12, proponen características tanto de alargamiento a la deformación y la rotura como las temperaturas de trabajo, cumpliendo valores de comportamiento ante el fuego, como es UL 94 bajo especificaciones V2 y HB que se basan en test de fuego y humos, en el caso de V2, se establece que el fuego se extingue en 30 segundos con goteo y HB cuando se

introduce una flama horizontal y esta consume el termoplástico a una velocidad de 76 mm/minuto. [13]

2.2.6 **Identificación de Anexo planos Eléctricos**

Si bien el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) provee de una normativa general dentro de la NTE INEN 1323:2009, donde es aplicable para el diseño, fabricación y montaje de carrocerías en las diferentes necesidades del mercado, en el cual se establecen factores de aislamiento, tomando en cuenta que se generaliza para motores de combustión, donde las tensiones de trabajo no superan los 16 A, se puede tomar en consideración los siguientes apartados para la prevista instalación eléctrica. [14]

NTE INEN 1323:2009, especificación 7.5.2.1 Todos los cables deben estar bien aislados y todos los cables y material eléctrico deben resistir las condiciones de temperatura y humedad a las que están expuestos. En cuanto al compartimiento del motor, se prestará especial atención a su resistencia a la temperatura ambiente y a los efectos de todos los posibles productos contaminantes. [14]

NTE INEN 1323:2009, especificación 7.5.2.2 Ninguno de los cables utilizados en los circuitos eléctricos deben transmitir una corriente de intensidad superior a la admisible para el cable en cuestión. Se debe tomar en cuenta su forma de montaje y de la temperatura ambiente máxima. [14]

NTE INEN 1323:2009, especificación 7.5.2.4 Todos los cables deben ir bien protegidos y firmemente fijados, de manera que no puedan ser dañados por cortes, abrasiones o roces. [14]

Previsto que el mercado nacional carece de una normativa concreta sobre el sistema de cableado eléctrico, carga de baterías y distribución eléctrica, de autos eléctricos, se ha provisto la utilización de la norma Americana ANSI, en la cual se plantea criterios de diseño, selección, montaje y construcción del cableado eléctrico y recarga de baterías, entre las cuales tenemos:

1. El Instituto Nacional Americano de Estandarización (ANSI), propuso en noviembre del 2014 diferentes criterios para vehículos eléctricos:

- Tensiones de trabajo.
- Manejo y utilización de las baterías.
- Accesorios de carga.
- Sistemas de Seguridad
- Infraestructura y equipos eléctricos y electromagnéticos.
- Requerimientos de comunicación.
- Delimitaciones del cableado eléctrico.

Dichas consideraciones están estandarizadas para que no existan perdidas de corriente y riesgos a los ocupantes de los vehículos, se amplía de mejor manera la presente normativa en el siguiente capítulo. [15]

2. La recopilación de normas redactado por Tecnicsuport [16] establece un manual obligatorio referente al montado, manejo y seguridad de máquinas, entre las normas que se maneja se tienen las siguientes:

- UNE-EN 60073: Principios básicos y de seguridad para interfaces hombre-máquina, el marcado y la identificación.
- UNE-EN 60204-1: Seguridad en las máquinas. Equipo eléctrico en las máquinas. Parte 1: Requisitos generales.
- EN 50081: Compatibilidad electromagnética. Normas genéricas de emisión.
- CEI 60447: Interfaz hombre máquina: Principios de maniobra [16]

2.2.7 **Manual de la Distribución Eléctrica**

El manual sirve para explicar sobre la distribución eléctrica, ayudando a entender de manera resumida, los parámetros eléctricos de los componentes, la selección e interpretación de cableado eléctrico y la carga de baterías con su respectivo análisis de conexiones y tiempos de recarga, entre lo cual se establecen los siguientes parámetros:

- Condiciones generales de diseño, como capacidades y limitaciones para el proceso.

- Código de numeración y colores para cada cable, estableciendo los dos puntos de unión, finalidad y corrientes de trabajo.
- Tipos de aislantes utilizados y su funcionabilidad.
- Especificaciones de cada arnés, donde se establecen longitud, cantidad y aislante del cableado eléctrico.
- Distribución de accesorios eléctricos y electrónicos, tomando en cuenta sus necesidades de corriente y puntos de conexión.
- Recomendaciones finales de montaje y trabajo en un auto eléctrico.

2.2.7.1 **Consideraciones para el cableado eléctrico [16]**

A continuación, se establecerán generalidades que debe de existir en el cableado con sus respectivas conexiones y numeración.

a. Las conexiones deben de evitar que se aflojen de manera accidental.

   La implementación de borneras en circuitos de baja potencia evita que exista este tipo de aflojamientos que se puede producir por efectos térmicos o por vibración dentro de la interacción con los demás sistemas.

   Los componentes de conexión deben de satisfacer las necesidades tanto de sección como de naturaleza del conductor, en el caso que se utilice conductores de aluminio o aleaciones de este, se debe de implementar los correctos conectores para evitar que existan problemas de corrosión.

b. Se prohíbe la conexión de dos o más cables en una misma bornera, la cual no ha sido diseñada para este fin, es preferible la utilización de terminales o punteras para la conexión, en el caso que existan conexiones en paralelo es preferible la utilización solo un terminal o puntera, los cuales trabajan para varios conductores, existiendo solo un máximo de dos cables tanto para borneras como terminales, la manera correcta de conectar se visualiza en la Figura 14.

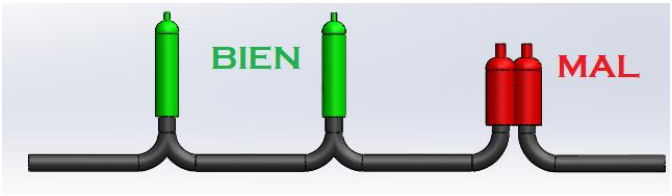


Figura 14. Correcta conexión entre cables **[16]**

C. La identificación de los cables debe de estar sujeta a marcas indelebles e impermeables, adecuadas dependiendo si se encuentran en interiores o exteriores, las marcas previstas, deben de coincidir con los esquemas técnicos de los circuitos, de igual manera, la identificación equipotencial se debe de visualizar con un identificador único un ejemplo se lo observa en la Figura 15.

La ubicación de dichas marcas se debe de establecer en lugares visibles establecidos cerca de los terminales o conexiones, en un mismo mazo de cables no debe de existir marcas idénticas que no estén conectadas al mismo potencial.

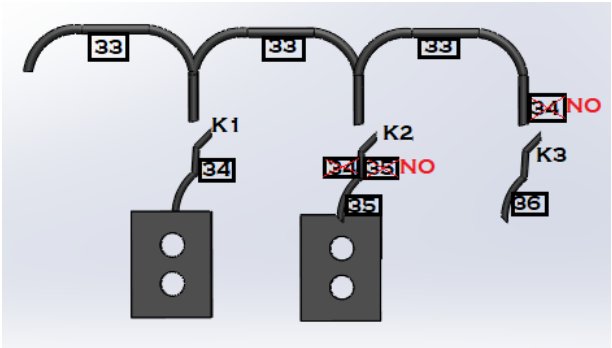


Figura 15. Marcas en terminales o conexión de cables **[16]**

d. En el Anexo E, se esquematiza el código de colores que se debe de implementar dependiendo las finalidades de conexión.

Existen excepciones dentro de dicha normativa, las cuales son:

- Mangueras multiconductoras: para este caso se debe de especificar en cada cable su finalidad mediante marcas de identificación.
- Dispositivos individuales con su propio cableado interno: son aquellos accesorios que se adquiere de manera independiente.
- Conductores sin aislantes superficiales: si la naturaleza del cable no provee una identificación de colores, se debe de implementar identificadores indelebles.

e. Para establecer un cableado en la parte exterior, que va hasta el interior de la estructura, deberán utilizarse una combinación obligatoria de bornas de conexión o base-clavija, las cuales deben ser las adecuadas para la conexión. Se debe de establecer grupos separados entre la interconexión de las borneras con sus respectivos elementos exteriores, dependiendo la potencia de los circuitos, los cuales pueden ser de alimentación externa, también denominados enclavamientos o de mando.

Estos grupos de borneras pueden partir de un mismo punto de interconexión o también denominados adyacentes, donde se debe de establecer una correcta identificación y fácil reconocimiento, donde se puede utilizar diferentes identificadores, como son barreras, colores, marcadores independientes o variación de tamaños.

f. El aislante que se aplique para el cableado interior debe de ser previsto de un material aislante y se establece que debe de ser más factible acceder a la misma de la parte delantera de la carrocería, donde es más conveniente las modificaciones, si no se da el caso, se debe de establecer acceso por la parte posterior mediante puertas o cabinas especiales.

El conjunto de arnés debe tener un espacio libre del 20% del total de su volumen y en ningún caso superar el 90% de su capacidad total.

g. La utilización de empalmes o conexiones manuales entre cables está totalmente prohibida, utilizando de manera obligatoria bornas para dichas conexiones, las cuales deben de ser dispuestas fuera del arnés eléctrico.

h. Si se requiere distribuir varios cables de un punto en común para su respectiva distribución, se utilizará barras de distribución, colectores o borneras puenteables, cuyo diseña están previstos para soportar los esfuerzos mecánicos y térmicos en el caso que exista un corto circuito que sobrepase la capacidad del cableado previsto.

La intensidad de trabajo nominal debe de ser como mínimo la intensidad de corte de la protección contra un corto circuito previsto con anterioridad.

Los arnés o colectores deben de estar predispuestos en grupos separados, en el caso que existan secciones de mando y de potencia.

Está prohibido que un mismo colector se use para funciones de neutro y de protección, denominado tierra.

Para establecer un arnés de tierra, se debe de establecer una correcta y clara identificación, el cual debe de tener una caracterización diferente de los demás colectores.

Se debe de establecer protecciones por medio de cubiertas o tapas como aislantes o metálicas de tierras para los arneses de conductividad activos, los cuales deben de preferencia, ser parciales o globales de tal manera que al establecer un mantenimiento no se interaccione con ninguna parte activa o también denominada accesorios de carga, en dicho proceso se establece in grado de protección IP 2x.

Dicha IP 2x, es la representación de la protección establecida contra acceso a partes peligrosas, esencialmente para bajas tensiones o partes que se encuentras en movimiento, en este caso contra cuerpos sólidos de más de 12 milímetros de diámetro, donde la segunda cifra característica se establece una vez denominado la cantidad de agua que intenta penetrar en el interior y también si aumenta la dirección de interacción.

En el caso que se prevén colectores generales o denominados como habituales, se puede utilizar una IP mínima de 4x, donde se establece la interacción con cuerpos sólidos con un diámetro máximo de 1 milímetro de diámetro.

En el caso que los colectores no se puedan cubrir, se debe de establecer un cierre de interrupción general, el cual, si se abre la puerta del armario, se debe de establecer un bloqueo del circuito para que no exista interacción de tensión entre el tablero y el operador.

i. Para el establecimiento de la distribución de cables, se debe de incorporar tramos los más cortos posibles, donde la colocación de las protecciones, deben de estar previstas lo más cerca posible de su punto de distribución.

Los cables de derivación deben de estar previstos como mínimo con 1,5 veces la intensidad máxima de los mismos, para su protección magnetotérmica.

j. Las mallas o cubiertas para los cables no deben de ser utilizados como conductores de protección, pero si deben de tener una conexión a tierra de manera obligatoria.

Las predisposiciones establecidas en esta sección del cableado eléctrico, si bien es comúnmente más utilizado para tableros verticales de protección, se puede implementar de igual manera para el auto Biplaza CIM17, donde se han establecido medios de conexión, aislantes, intensidades máximas de trabajo y distribución eléctrica.

2.2.8 **Control de Carga de Baterías**

2.2.8.1. **Estado de Carga [17]**

El estado de carga (SOC, State Of Change) de una batería, se define como el porcentaje con respecto a su capacidad total de energía que puede ser utilizada en un momento en específico.

El valor de SOC es afectado debido a variables relacionadas con las baterías como son: el voltaje de carga, la temperatura, la edad de las baterías, la velocidad con la que se consumen y un inadecuado mantenimiento y manejo, por lo cual el valor teórico, en la mayoría de los casos, no será el real.

Al ser un proceso la medición exacta de las baterías es más factible establecer una estimación que una medida específica como tal, estableciendo que no existe un único proceso para medio SOC.

Se establece el SOC como la relación entre la capacidad Q(t), con una medida en energía Wh, con respecto a la capacidad nominal Qn, dicha capacidad es establecida por el fabricante y es aquella cantidad máxima que se puede almacenar dentro de la batería.

$$\boldsymbol{SOC_{(t)} = \frac{Q_{(t)}}{Q_n}} \quad \textbf{(1)}$$

2.2.8.2. **Medición de las Baterías [18]**

Existen diferentes métodos matemáticos para establecer una estimación, según su estudio o metodología se clasifican en:

- Medición directa: se establece por medio de las propiedades mismas de las baterías, como son su autonomía y voltaje de trabajo, dentro de esta categoría, los más comunes son:

  - Método de voltaje de circuito abierto.
  - Método de espectroscopia.
  - Método de medición de impedancia.

- Método de voltaje terminal.

- Estimación Book-keeping: se establece por medio de la corriente de descarga por medio del tiempo de utilización para resolver el SOC.
- Sistemas adaptativos: son aquellos que se ajustan a las condiciones de descarga y características propias de las baterías, donde se establecen puntos de estimación para el SOC.
- Métodos híbridos: son aquellas combinaciones de dos o más métodos, donde se establece correlación entre las mismas, donde si se obtienen resultados simulares se comprueba la factibilidad de implementación del SOC.

El artículo 625, NEC establece los sistemas de carga de un vehículo eléctrico, donde se establecen los equipos de carga externos al vehículo, donde se abarca la instalación, en el apartado 625.1 se especifica la alimentación o cualquier conjunto de circuitos para cargar le vehículo, además, la electricidad de los conductores y equipos externos de suministro de electricidad son altamente cubiertos.

Los equipos de suministro eléctrico (EVSE), establecidos en este artículo, establece tres niveles dependiendo la corriente o amperaje de trabajo. [19]

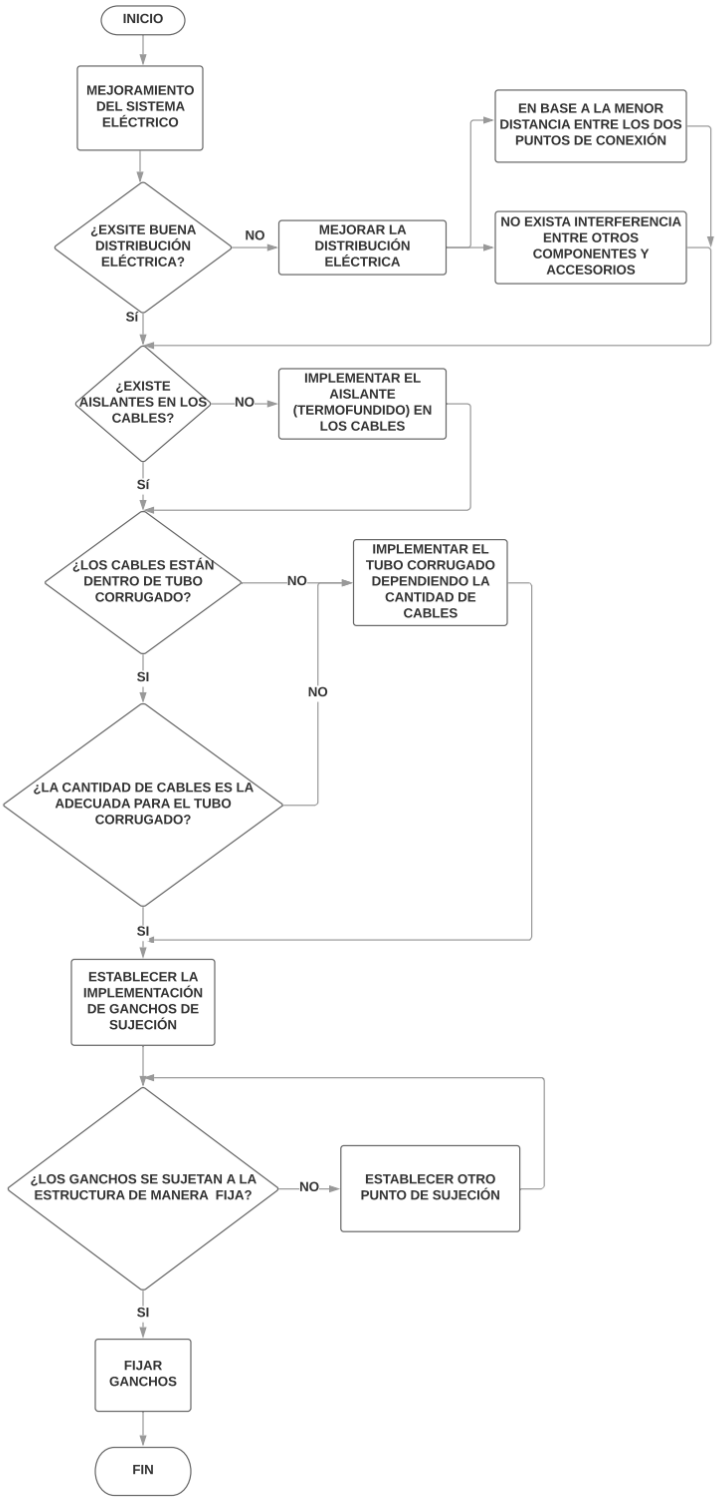
- Nivel 1, comprende desde 110 – 120 Voltios o 20 Amperios.
- Nivel 2, comprende desde 208 – 240 Voltios o 20 – 100 Amperios.
- Nivel 3, comprende 480 Voltios o de 60 - 400 Amperios

Nissan dentro de su producción de autos eléctricos, menciona que cargadores de Nivel 3 carga más rápido los vehículos, mientas que nivel 2 consistente en una carga que optimiza la conservación de los equipos involucrados. [19]

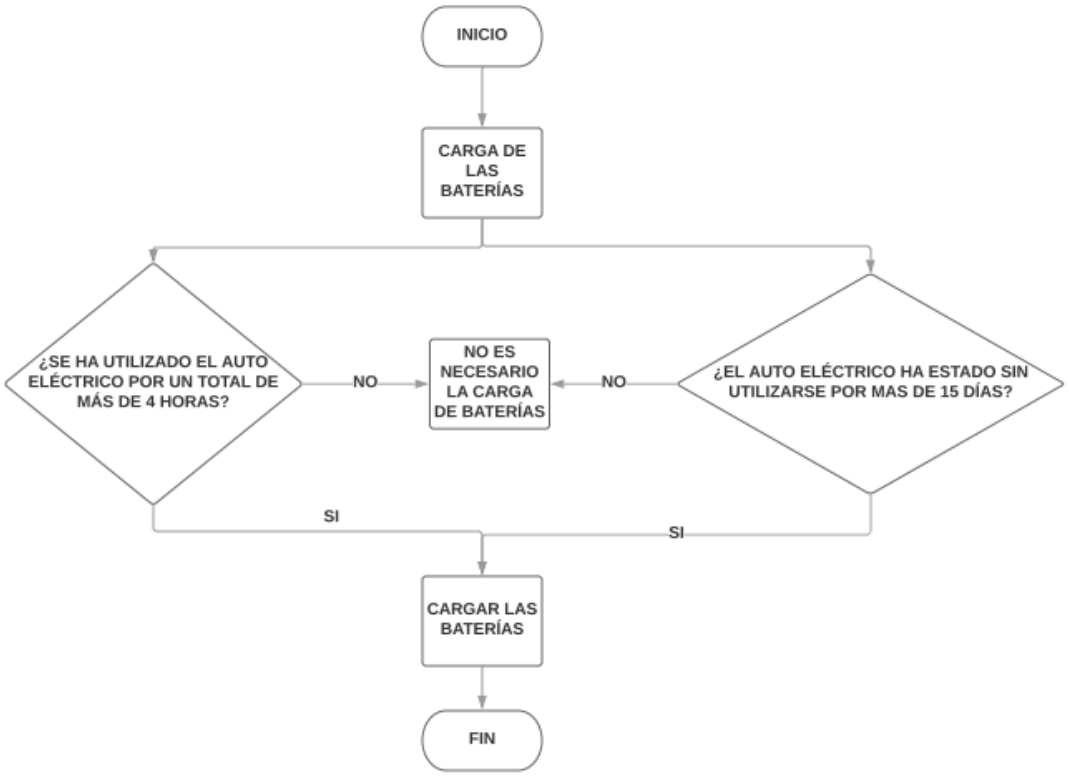
CAPÍTULO III

DISEÑO DEL PROYECTO

Diseño del sistema de Cableado Eléctrico



Carga de Baterías



3.1. Selección de Alternativas

Dentro de una correcta distribución eléctrica se deben de implicar normas y especificaciones, las cuales proveen un análisis técnico de las delimitaciones para dicho sistema, entre las cuales tenemos el reporte de evaluación de progreso implementado por ANSI EVSP Roadmap Standards Compendium [4], donde se establecen normas de vehículos eléctricos e infraestructura de carga, si bien, existen diferentes estandarizaciones para vehículos eléctricos se ha optado por la selección de esta norma ya que en la mayoría de casos existen brechas en el caso de parámetros y definiciones aplicables dentro de la estandarización de vehículos eléctricos.

Dentro de una correcta distribución eléctrica, los primeros parámetros a considerar es tanto su automatización, como sus respetivos diagramas eléctricos, es decir para una correcta identificación de cables, se puede respaldar en dichos diagramas, comprendiendo su funcionamiento, capacidades y puntos de conexión.

En base a tesis anteriores, donde se han desarrollado la automatización tanto de potencia como de accesorios, se establece los siguientes diagramas para comprender de mejor manera como es la autonomía del biplaza CIM17.

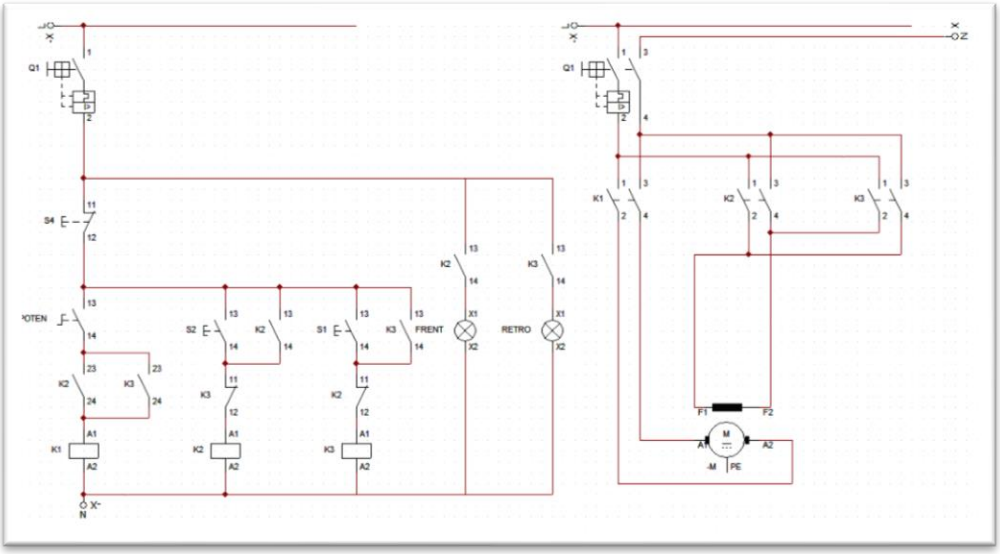


Figura 16. Diagrama de potencia del motor DC

En la Figura 16, podemos observar un diagrama de potencia similar al que se incorporó dentro del auto eléctrico, el cual incorpora 5 pulsos de control, siendo Q1, alimentación del sistema y las entradas POTEN, S2, S3 y S4.

POTEN, es la representación del potenciómetro de manera analógica.

S2, S3 y S4, son los estados del interruptor de 3 tiempos, siendo aceleración, retro y neutro respectivamente; dicha representación en la Figura 16 se establece solo de forma interpretativa, para poder desarrollar una compresión simple del sistema.

En la Figura 17, el controlador PM48301 de Kelly Controllers, se establece como un ArduECU, el cual se incorpora por sus características de resistencia a altas condiciones ambientales, soportando golpes y altas temperaturas, implementar el diagrama eléctrico previsto en el catálogo del controlador, el cual ayuda a un desarrollo de cómo se interrelacionan los zócalos con la parte de potencia, de tal manera que nos ayuda a desarrollar de manera más concreta la distribución eléctrica. [20]

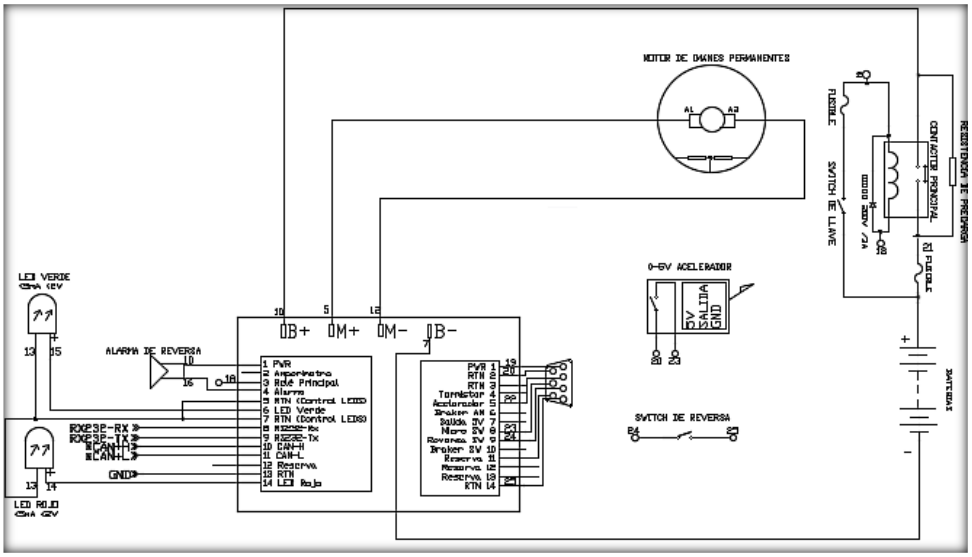


Figura 17. Diagrama eléctrico del motor DC [20]

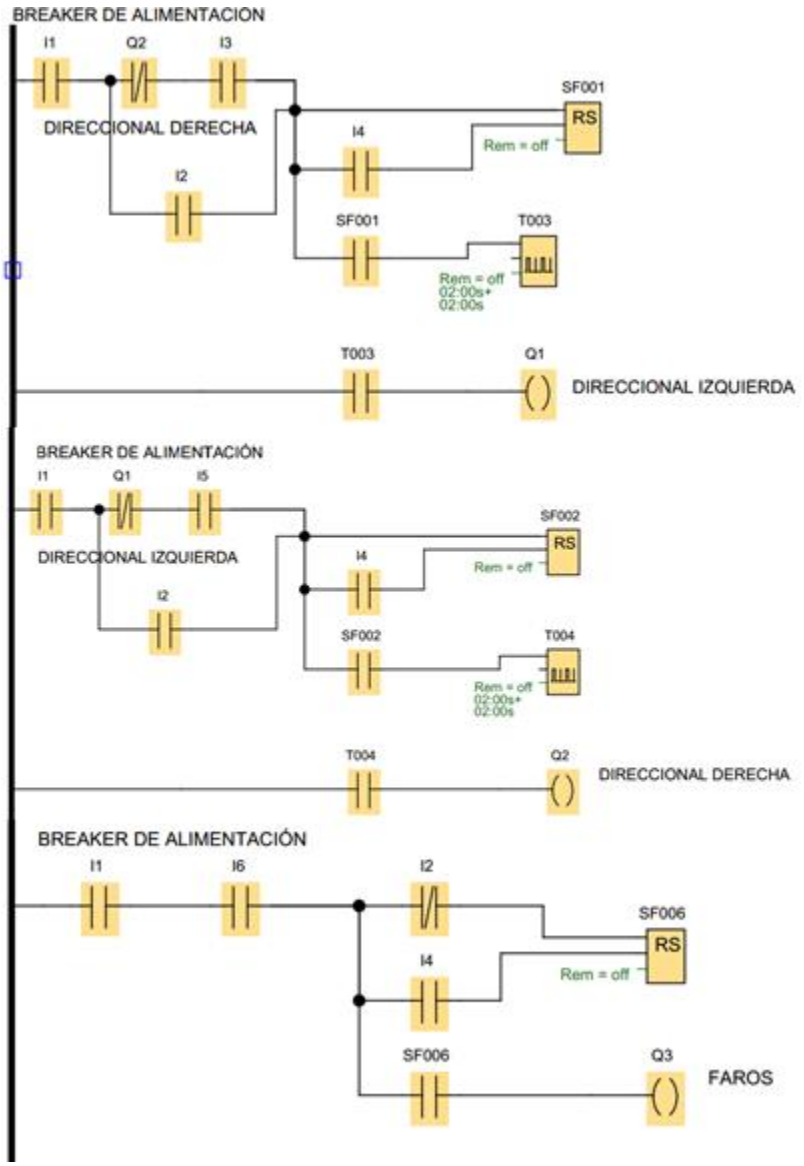


Figura 18. Diagrama en escalera del control de faros y direccionales

En la Figura 18, se puede observar una representación de la automatización referente a las direccionales y faros, de lo cual se establece las entradas I1, I2, I3, I4, I5, I6; las cuales representan la alimentación del sistema, luces de parqueo, direccional izquierdo, paro del sistema, direccional derecha y faros respectivamente, para las salidas se tiene Q1, Q2 y Q3, que son direccional izquierdo, direccional derecha y faros respectivamente.

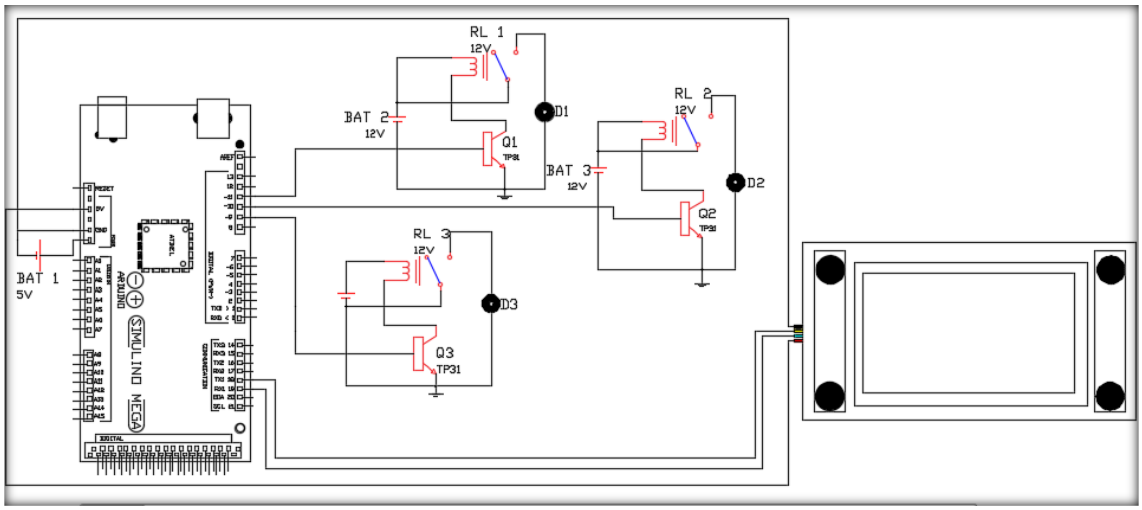


Figura 19. Diagrama eléctrico accesorios

Dentro de la automatización de los accesorios, como son los faros y direccionales se implementa un Arduino, el cual es controlador por medio de una pantalla táctil, como se observa en la Figura 19, si bien la implementación es de 2 Arduinos, ambos cumplen la misma finalidad, conectados a la misma pantalla táctil.

3.1.1. Accesorios eléctricos-electrónicos

Para un correcto análisis de las capacidades, distribución y cantidad de cableado eléctrico, primero se deben de establecer dichos elementos que se van a alimentar, como sus necesidades y cantidad de los mismos, presente en la Tabla 1.

Tabla 1. Accesorios Eléctricos CIM17

N°	NOMBRE	CANTIDAD	CAPACIDAD ELÉCTRICA (V)
1	Motor de Plumas	1	12
2	Breaker de Cierre	2	48
3	Fusible de Alta Tensión	1	48
4	Controlador	1	48
5	Contactor	1	48
6	Faros Posteriores	2	12

7	Motor de Corriente Continua	1	48
8	Parlantes	2	12
9	Baterías de Litio	8	6
10	Potenciómetro	1	12
11	Faros Delanteros	2	12
12	Arduino	2	7
13	Pantalla de Visualización	1	12
14	Visualizar de Nivel de Carga	1	48
15	Switch de Encendido	1	12
16	Radio	1	12
17	Pulsador de Reversa	1	12
18	Pulsador de Alimentación	1	12
19	Pantalla de Control de Faros	1	12
20	Mini Relé	2	9
21	Trial de 5V	2	5
COMPONENTES TOTALES		35	

Fuente: Autor

Una vez establecidos los accesorios que se desea alimentar, se procede a analizar la distribución eléctrica, la cual es presentada ya como un conjunto de cables, tomando en cuenta reducción de cables y los conjuntos de la misma.

3.1.2. Distribución Eléctrica

Según la norma ANSI EVSP Roadmap Standards Compendium **[4]**, el apartado 4.2.3.8 (Gestión de cables), el cual se establece como un sistema donde se controla y organiza las longitudes de los cables, evitando la inutilización de estos.

Dentro de la gestión de los cables se limita la longitud a 7,5 m (25 pies), si bien las nuevas revisiones de la norma eliminan la altura máxima de medios de acople, para las conexiones establece una altura mínima de 45.72 cm (18 pulgadas), las presentes verificaciones se establecen en las especificaciones del cableado eléctrico.

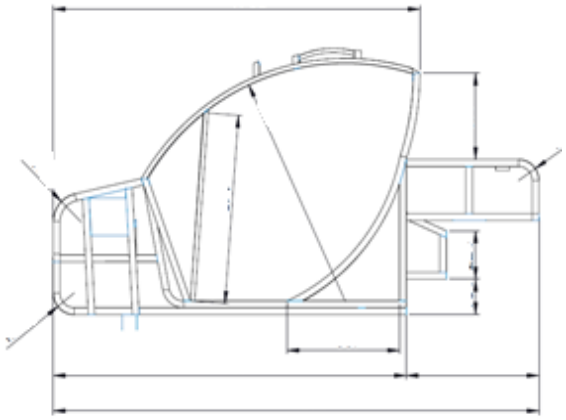


Figura 20. Distancias de la estructura del auto eléctrico **[21]**

Una vez establecido las delimitaciones del sistema, tanto por la norma ANSI EVSP como por la estructura, se procede a indicar las mejores posibilidades de la distribución eléctrica, en este punto se radican dos cableados eléctricos; el primero es el sistema de potencia, el cual establece la conexión entre las baterías, controlador y motor, el segundo es el control de los accesorios por medio de Arduinos a las pantallas establecidas en el tablero y las fuentes de salida como son los faros.

3.1.2.1. Distribución Eléctrica para el Sistema de Potencia

Previa colocación de las baterías, caja de control y motor, se empieza a optimizar la distribución eléctrica, tomando en cuenta que la vía de menor longitud será la más apropiada, obteniendo las siguientes posibilidades:

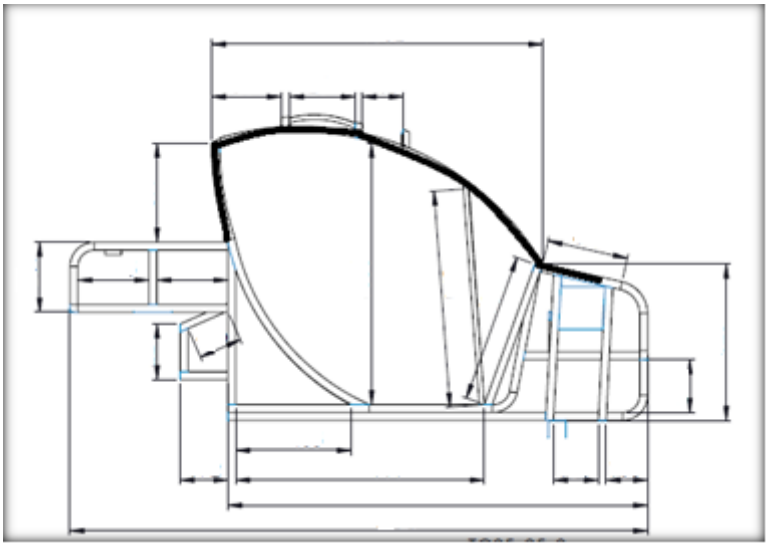


Figura 21. Primera posibilidad de distribución eléctrica **[21]**

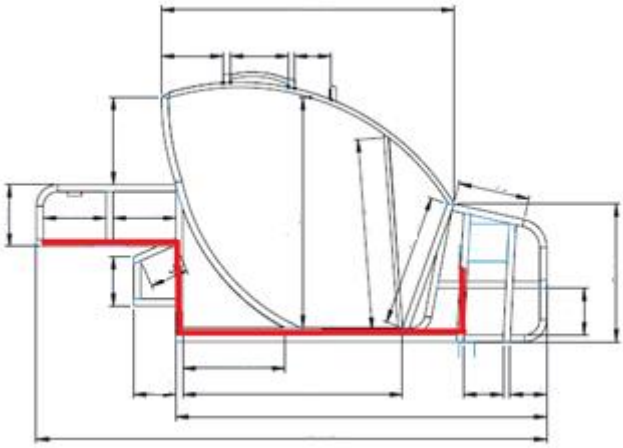


Figura 22. Segunda posibilidad de distribución eléctrica **[21]**

Dentro de la teoría básica de que la distancia más cercana entre dos puntos siempre va a ser una línea recta, se considera fundamental también tomar en cuenta la comodidad de instalación, evitar la innecesaria interacción con otros sistemas y la factibilidad de acoplamiento del sistema eléctrico, por lo que se ha reducido solo a dos posibilidades optimas de distribución eléctrica.

De tal manera que en la Figura 21. Se puede observar que dicha distribución pasa por el arco superior de la estructura, evitando intervención con la cabina principal, lo que reduciría considerablemente el espacio para que los ocupantes estén dentro del vehículo, pero el principal inconveniente es la longitud del cable a utilizar, si bien, esta distribución se describe como la más recomendada bajo la norma por sus valores mínimos de altura, se debe tomar en cuenta el aumento de los costos solo en el cableado de conexión entre baterías.

En la Figura 22. Se determina una posibilidad más eficiente de distribución eléctrica, donde las sujeciones distribuidas hacia la parte inferior del vehículo, optimizan el reducido espacio que se tiene en la cabina, ya que si se optara por distribuir dentro de la misma, el recubrimiento reduciría la altura prevista ya con todo y tapizado, estableciendo un mejoramiento en la conexión entre baterías ya que la estructura resguarda la integridad de los cables de tal manera que sus perfiles inferiores evitan que se comprometa el cableado en el caso que exista un rompe velocidades con una altura considerable.

En la Tabla 2 se establece una comparación entre dimensiones tomando en cuenta las dos posibilidades previstas.

Tabla 2. Comparación entre sujeción Superior e Inferior

POSIBILIDADES	DISTANCIA (m)	INCONVENIENTES
Sujeción Superior	3.16	El paso del cableado por la cabina reduce el espacio del tapizado interno, ya que se debe de recubrir el arnés eléctrico
Sujeción Inferior	2.22	En el caso que se deba de pasar por altos rompe velocidades, puede existir un excesivo rozamiento que aumenta el desgaste del arnés.

Fuente: Autor

En las demás conexiones del sistema de potencia, se basó en el mismo principio, representado de manera esquemática en los anexo planos Donde se especifican las longitudes y medios de distribución.

3.1.2.2. Ganchos y Clips de Sujeción

Los ganchos y clips presentados a continuación están fabricados en una impresora 3D, donde se utilizó PET (Tereftalato de polietileno), de clasificación básica el cual generalmente se utiliza en la industria textil y para envases, a continuación, se presentan las características principales:

- Alta transparencia, aunque admite cargas de colorantes, lo que facilita la personalización si de colores se refiere.
- Alta resistencia al desgaste y corrosión, por ser un polímero las condiciones climáticas no suelen ser un problema.
- Buena resistencia química y térmica.
- Muy buena barrera a CO2, aceptable barrera a O2 y humedad.
- Compatible con otros materiales lo que mejora sus propiedades de aislamiento.
- Reciclable, aunque su viscosidad se ve afectada si continuamente se lo somete a esfuerzos térmicos.
- Sus propiedades químicas lo hacen ideal para el envase de productos alimenticios.

Si bien la implementación de los ganchos y clips de sujeción se lo podría realizar seleccionando lo más general y accesible en el mercado, se ha optado por diseñar y adaptar 3 tipos de ganchos y 1 clip de seguridad, entre los cuales se tiene:

a. Gancho para Cables Sueltos Alargado

La implementación del presente gancho se lo establece para superficies donde por distribución y espacio no es recomendable establecer tubo corrugado, en el anexo anexo plano 22 se especifican las dimensiones del mismo, donde por su diámetro interno es recomendable la implementación de un máximo de 4 cables #16, su visualización tridimensional se lo establece de mejor manera en la Figura 23.

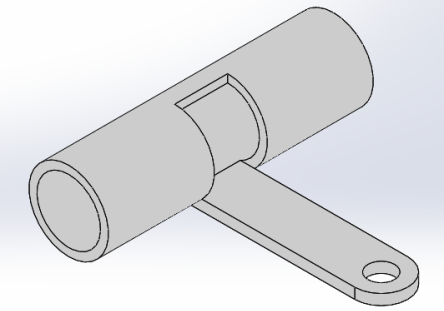


Figura 23. Gancho para cables sueltos alargado

b. Gancho para Cables Sueltos Ancho

De igual manera que el gancho anterior, está establecido para distribuciones sueltas de cables, donde se recomienda un máximo de aplicación de 4 cables #16 presente en la Figura 24, la factibilidad de este gancho para poder incorporarse a superficies verticales, ya sean vigas, estructuras o perfiles, en el anexo anexo plano 24 se especifican sus dimensiones.

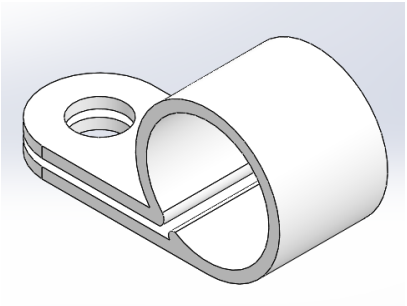


Figura 24. Gancho para cables sueltos ancho

c. Gancho de Sujeción para Cable Cero

Si bien para la sujeción del cable cero, existe de manera comercial un gancho de aluminio se puede implementar de manera complementaria, ya que este tipo de adjudicación se la

desarrolla por factibilidad de adaptarse al cable cero y mayor seguridad al momento de su incorporación, en el anexo anexo plano 25 se establecen las dimensiones del gancho visible de mejor manera en la Figura 25.

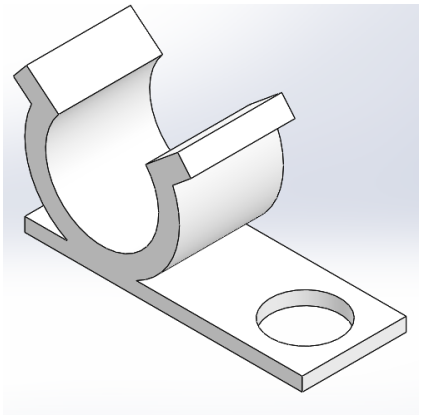


Figura 25. Gancho de sujeción para cable cero

d. Clip de Seguridad para Amarras de Nylon

La incorporación de amarras de nylon, como se observa en la Figura 26, para el acople de cables generalmente produce un desbalanceo en los cables, lo que resulta que se suelten de sus puntos de conexión, es por eso que un clip de seguridad para fijar dichas amarras es necesario evitar dicho problema, en el anexo anexo plano 23 se establecen las dimensiones de la misma.

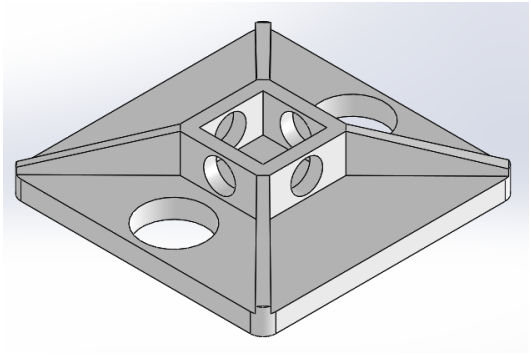


Figura 26. Clip de seguridad para amarras de nylon

Para la correcta distribución de los ganchos y clips de seguridad, se va a tomar en cuenta el Manual de Instalación Siemon [22], donde sus consideraciones de distribución eléctrica establece que para los ganchos de sujeción no debe de ser mayor a 1,5 m (5 ft), si bien esta recomendación se lo establece para edificaciones, se especifica que para aliviar el estrés provocado para los cables, se debe de tomar la distancia ya sea horizontal o vertical entre puntos totalmente rectos, si la distancia es menor a 1m (3ft), se debe de dividir la

distancia para 3 y distribuir equitativamente los ganchos y clips, tomando en cuenta que deben estar totalmente tensionados.

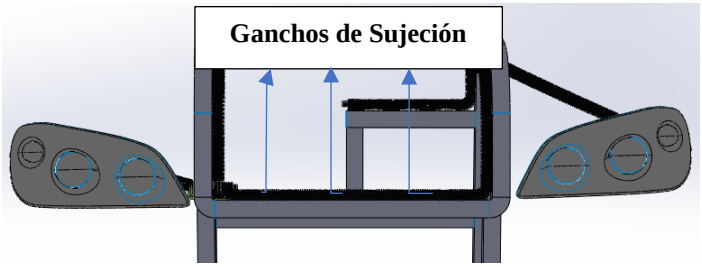


Figura 27. Ejemplo de distribución de ganchos

3.1.2.3. Aislante de Cables

Para el aislante de los cables, se debe tomar en cuenta que se han seleccionado de dos tipos, uno va a ser para reforzar el recubrimiento propio del cable, utilizando Termofundido y el segundo que se implementará dentro del tubo de distribución tanto para la correcta distribución de un conjunto de cables, como aislarlos de medios externos ya sea polvo, impurezas y agentes que los afecten.

a. Termofundido

En la Figura 28, se observa como al mazo de cables se le incorpora el Termofundido, para así establecer un considerable aumento de aislamiento para cada cable, se ha seleccionado polietileno clorosulfonado, ya que su adquisición es la más general y factible para poder recubrir a los cables.

Figura 28. Cables con recubrimiento de termofundido

b. Tubo de Distribución

La cantidad de cables que van dentro del tubo corrugado debe de ser establecido por el diámetro interno del mismo, como se mencionó con anterioridad en el apartado 2.2.7.1 donde se especifican las condiciones del cableado eléctrico, en el inciso f. se establece que se debe de dejar libre un 20% del arnés total, lo cual se determina en los cálculos especificados en el literal 3.2, lo cual se observa en la Figura 29.

Figura 29. Tubo corrugado con cables aislados

Se ha seleccionado un tubo corrugado de PVC, lo cual se observa en la Figura 30 (a) ya que su flexibilidad facilita el trabajo de instalación, si bien también existe un tubo metálico, Figura 30 (b), su implementación no se consideró ya que a mayor cantidad aumentaría de manera considerable el peso total de auto eléctrico y sus especificaciones son más para conectores donde existen una alta probabilidad de roturas o cortas, además de ser mayormente utilizado en exteriores.

Figura 30. Tubo Corrugado PVC y metálico **[13]**

3.1.4. Carga de Baterías [15]

Dentro de las especificaciones ANSI, para autos eléctricos, en el apartado 3.1 Vehicule Domain, donde se abarca las tecnologías, el equipo, componentes y problemas que caen dentro de los estrictos límites del vehículo eléctrico en sí mismo hasta incluyendo la porción de entrada del vehículo del acoplador de carga, donde se establecen las siguientes secciones:

- Sistemas de almacenamiento de energía.
- Componentes del vehículo.
- Interfaz de usuario del vehículo.

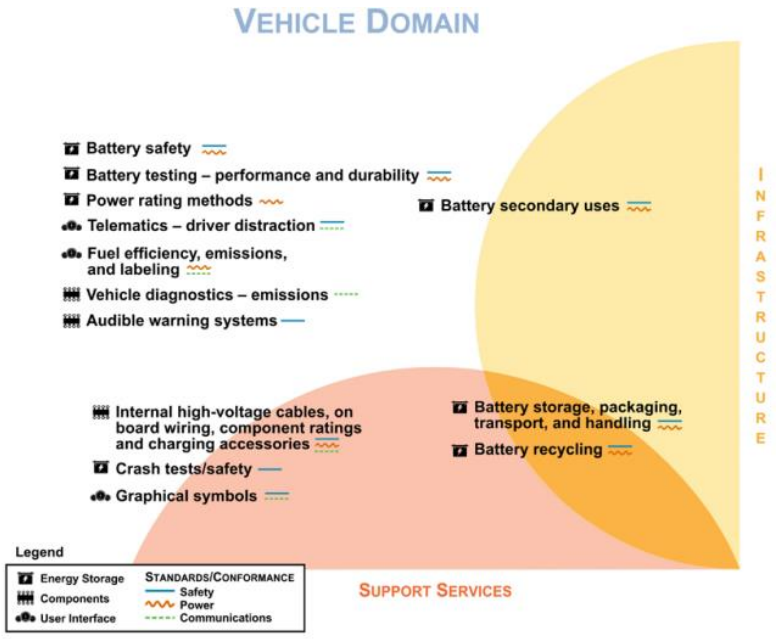


Figura 31. Relación entre los problemas con las competencias del vehículo **[15]**

La Figura 31, está propuesta para establecer un análisis entre la infraestructura propuesta dentro del vehículo eléctrico y el apoyo necesario para la factibilidad y aprovechamiento de estos, donde se observa que los componentes más conflictivos son las baterías con todas sus derivaciones dentro del proceso como aislamiento, transporte, utilización y reciclaje.

Para los demás medios a tratar como pruebas estructurales, sistemas eléctricos con respecto a los cables de voltaje y símbolos de comunicación, el soporte o servicios de apoyo están en un rango medio, ya que su verificación es más factible de la misma manera que su mantenimiento y reemplazo.

Para el caso de la seguridad y durabilidad de las beterías, las competencias están establecidas por la infraestructura y la relación entre estos factores, de igual manera la

telecomunicación, eficiencia, diagnósticos y sistemas de alerta, competen de igual manera dentro de dicho factor como es la infraestructura.

Para el caso de los usos secundarios de las baterías como son accesorios y complementos, posee un alto análisis tanto a nivel de infraestructura como soporte de componentes.

Se establecen factores como telecomunicaciones, reciclaje de baterías y diagnóstico de emisiones del vehículo, donde para el diseño del CIM17 son factores extras que con el tiempo se podrían añadir para complementar un correcto análisis y certificación de este.

3.1.4.1. Comparación entre Instalación Solar Fotovoltaica y Cargador Incorporado al Auto Eléctrico.

Tabla 3. Comparación de posibilidades de carga de baterías

Características	Central Fotovoltaica	Cargador Incorporado al Auto Eléctrico
Horas de Operación Diaria	3 h	8 h
Accesibilidad	Solo Predios de la Universidad Técnica de Ambato	Cualquier enchufe de 110 V y 220 V
Costo	No determinado	$750
Amperaje de Trabajo	35 A	20 A
Consumo de Energía	6.1 kWh	4.6 kWh
Tipo de conector	Específico para Renault Twizy 5 Cv Urban 45	Universal

Fuente: Autor

En la Tabla 3, se observan las dos posibilidades más accesibles para la carga de las baterías, donde se observan tanto la central fotovoltaica de la Universidad Técnica de Ambato como un cargador convencional, donde se observan su ventajas e inconvenientes, las limitaciones del centro fotovoltaico es la ubicación y limitada conectividad dentro del proceso de carga de las baterías, si bien su amperaje es superior, lo que reduce el tiempo de carga, sus características han sido diseñadas para poder abastecer a un Renault Twizy 5 Cv Urban 45, lo que complica la carga del banco de baterías de 48 V.

Figura 32. Centro fotovoltaico

En el caso de la adquisición de un cargador convencional, su factibilidad de adaptarse a enchufes de 110V o 220V, tal como se establece en el apartado 1.2.8.2, donde se establece el nivel 1 para la carga de las baterías; lo cual desarrolla una recarga en cualquier ubicación con su respectivo enchufe, si bien sus características de amperaje son menores a comparación del centro fotovoltaico, la adaptación al CIM17 facilita la carga sin que exista una alta variación en el peso final del auto eléctrico.

Por accesibilidad de carga y de adaptación al banco de baterías se ha optado por seleccionar un cargador convencional de alta frecuencia, incorporado en la Figura 33, en ítems posteriores se implementará un análisis más concreto del correcto uso del cargador.

Figura 33. Cargador convencional de alta frecuencia

3.2. Cálculos

Existen diferentes métodos de selección de cableado eléctrico, en el siguiente apartado se implementará la norma eléctrica NOM-001-SEDE-2005 la cual proporciona un análisis técnico de satisfacción eléctrica por medio de una correcta selección de cableado eléctrico, donde dicho cálculo depende de factores como materiales, implementación, aplicaciones y temperatura de trabajo.

En el Anexo G, representa la satisfacción de corriente dependiendo si esta es directa o alterna. **[23]**

Para la distribución eléctrica del Biplaza UTA-CIM17 se establece una corriente directa en base a la potencia del motor y voltaje de las baterías comprendida por la ecuación 2.

$$\boldsymbol{I = \frac{HP*746}{V*\eta}} \quad \textbf{(2)}$$

Donde:

HP= Potencia del Motor

V= Tensión Nominal del Sistema en Voltios

η = Eficiencia del Motor

$$\boldsymbol{I = \frac{9 * 746}{48 * 0.85}}$$

$$\boldsymbol{I = 164.56\ A}$$

Si bien, la determinación de la potencia del motor, calculando es de 7.95 HP, se establece una potencia de 9 HP, ya que es el dato de trabajo real al momento de seleccionar el motor. **[3]**

Según el artículo 430-22 al momento de alimentar un solo motor, en plena carga se multiplica por 1,25 con respeto a la corriente nominal, lo cual se establece en la ecuación 3. **[23]**

$$\boldsymbol{I_f = I * 1.25} \quad \textbf{(3)}$$

$$\boldsymbol{I_f = 164.56 * 1.25}$$

$$\boldsymbol{I_f = 205.7\ A}$$

En la ecuación 3, se determina un factor de corrección, el cual es implementado para asegurar la integridad de los conductores de corriente.

El siguiente paso es determinar el calibre del conductor en base a su denominación, en el cual depende la corriente de trabajo, el cual va a depender tanto de la temperatura de trabajo, aislamiento del conductor y las características de su instalación.

Según el artículo 110-14 de la NOM-001-SEDE-2005, si se trabaja con una corriente en mayor a 100 A, se debe establecer una temperatura de operación del conductor de 75°C. Si la corriente del circuito es menor de 100 A, se elige la temperatura de operación del conductor de 60°C. **[23]**

En el Anexo H, se ha establecido su valor AWG, donde se establece un 4/0 o el denominado "Cable Cero", el cual satisface las necesidades de corriente, ya que con el factor de corrección, la corriente de trabajo es igual a 205.7 A, en donde la AWG 4/0 trabaja con un máximo de 230 A estableciendo la correcta selección del conductor eléctrico resguardando su integridad para que no existan fuga de corrientes ni fracturas en su aislante, determinado en la Figura 34.

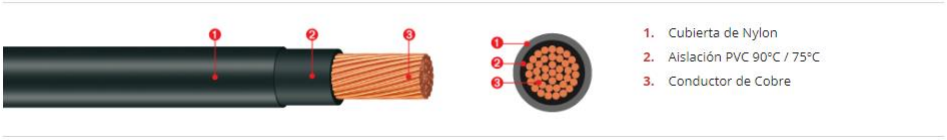


Figura 34. Partes del conductor eléctrico AWG 4/0 **[23]**

Tabla 4. Características eléctricas y mecánicas del conductor eléctrico AWG 4/0 **[23]**

CALIBRE	CONSTRUCCIÓN		ESPESORES		DIÁMETRO EXTERIOR APROXIMADO mm	PESO APROXIMADO kg/m	CAPACIDAD MÁXIMA DE CORRIENTE (AMP)			
							THWN (75°C)		THHN (90°C)	
	N° HERBAS	ϕ mm	AISLACIÓN mm	CUBIERTA mm			A	B	A	B
4/0	19	2.68	1.27	0.18	16.3	1.10	230	360	260	405

La Tabla 4, se describe como las características del conductor eléctrico AWG 4/0, como son su herbas, diámetros, aislantes y capacidad de corriente máximas, donde se establecen factores como THWN y THHN; donde son aquellos cables para construcción, con su respectivo aislante PVC y una cubierta de Nylon establecido para una temperatura de trabajo de 75°C, para el segundo caso se determinan para cables o alambres individuales (Thermoplastic High Heat Moisture Resistance), que de igual manera poseen una aislamiento termoplástico de PVC que trabajan a 90°C en un ambiente seco y 75°C en ambiente húmedo, en ambos casos con una tensión máxima de 600 Voltios, utilizando termoplásticos resistentes a altas humedades de alto calor.

En la sección 2.2.7.1 donde se especifican las condiciones del cableado eléctrico, en el inciso f. se establece que se debe de dejar libre un 20% del arnés total, por lo cual:

- Diámetro del Tubo Corrugado ϕ_{TC}: 1 in (25.4 mm) y ½ in (12.7 mm)
- Diámetro cable #16 ϕ_{16}: 0.06 in (1.5 mm)
- Diámetro Cable 4/0 $\phi_{4/0}$: 0.64 in (16.3 mm)

A $\phi_{TC\text{-}1in}$: Área del diámetro del Tubo Corrugado de 1 in

A $\phi_{TC\text{-}1/2in}$: Área del diámetro del Tubo Corrugado de ½ in

A ϕ_{16}: Área Cable número 16

A $\phi_{4/0}$: Área Cable número 4/0

E.l.= Espacio libre para el tubo corrugado

Se preestablece que el tubo corrugado de 1 pulgada va a ser para el cable cero y el de media pulgada para conectar los accesorios por medio del cable número 16, lo cual se va a comprobar su eficacia a continuación, mediante la ecuación 4, donde se establece el área del tubo corrugado.

$$A\phi_{TC-1in} = \frac{\pi*(\phi_{TC})^2}{4} \quad (4)$$

$$A\phi_{TC-1in} = \frac{\pi * (25.4)^2}{4}$$

$$A\phi_{TC-1in} = 506.707\ mm^2 = 0.785 in^2$$

En la ecuación 5 se determina el área del cable cero.

$$A\phi_{4/0} = \frac{\pi*(\phi_{16})^2}{4} \quad (5)$$

$$A\phi_{4/0} = \frac{\pi * (16.3)^2}{4}$$

$$A\phi_{4/0} = 208.672 mm^2 = 0.323\ in^2$$

Se procede a establecer el 80% del diámetro del tubo corrugado de una pulgada, determinado en la ecuación 6.

$$\phi_{80\%TC} = 0.8 * \phi_{TC} \quad (6)$$

$$\phi_{80\%TC} = 0.8 * 25.4\ mm$$

$$\phi_{80\%TC} = 20.32\ mm$$

Obtenido el 80% del tubo corrugado de una pulgada, se procede a determinar su área por medio de la ecuación 7.

$$A\phi_{80\%TC-1in} = \frac{\pi*(\phi_{TC})^2}{4} \quad (7)$$

$$A\phi_{80\%TC-1in} = \frac{\pi * (20.32)^2}{4}$$

$$A\phi_{80\%TC-1in} = 324.29\ mm^2 = 0.503 in^2$$

En la ecuación 8, determinamos la diferencia entre el área del tubo corrugado de una pulgada y el 80% de dicha área, estableciendo el espacio libre para el tubo corrugado.

$$E.l. = A\phi_{TC-1in} - A\phi_{80\%TC-1in} \quad (8)$$

$$E.l. = 506.707 - 324.29$$

$$E.l. = 182.417\ mm^2 = 0.283\ in^2$$

Una vez establecido el área máxima dentro del tubo corrugado de 1 pulgada ($A\phi_{80\%TC-1in}$), comparamos con el área de cable cero ($A\phi_{4/0}$), lo cual observamos en la ecuación 9, se verifica que no habría problema de recubrir dicho cable con el tubo corrugado con un diámetro interno de 1 pulgada, tomando en cuenta que no se cumpliría la norma si se añade más de un cable.

$$\#Cables = \frac{A\phi_{80\%TC-1in}}{A\phi_{4/0}} \quad (9)$$

$$\#Cables = \frac{324.29}{208.672}$$

$$\#Cables = 1.55 \approx 1$$

Por medio de la ecuación 4, determinamos el área para el tubo corrugado de media pulgada.

$$A\phi_{TC-1/2in} = \frac{\pi * (\phi_{TC})^2}{4}$$

$$A\phi_{TC-1/2in} = \frac{\pi * (12.7)^2}{4}$$

$$A\phi_{TC-1/2in} = 126.677\ mm^2 = 0.196\ in^2$$

Por factores de recubrimiento como es el aislante que se va a incorporar, el diámetro del cable 16 aumenta a 4 mm, las ecuaciones de la 5 a la 9, se repiten estableciendo los nuevos datos tanto para el diámetro del cable como el del tubo corrugado.

$$A\phi_{16} = \frac{\pi * (\phi_{16})^2}{4}$$

$$A\phi_{16} = \frac{\pi * (4)^2}{4}$$

$$A\phi_{16} = 12.566\ mm^2 = 0.019\ in^2$$

Por medio de la ecuación 6, establecemos el 80% optimo para el tubo corrugado de media pulgada.

$$\phi_{80\%TC-1/2in} = 0.8 * \phi_{TC}$$

$$\phi_{80\%TC-1/2in} = 0.8 * 12.7\ mm$$

$$\phi_{80\%TC-1/2in} = 10.16\ mm$$

Posteriormente con la ecuación 7, determinamos el área correspondiente al 80% del tubo corrugado de media pulgada.

$$A\phi_{80\%TC-1/2in} = \frac{\pi * (\phi_{80\%TC-1/2in})^2}{4}$$

$$A\phi_{80\%TC-1/2in} = \frac{\pi * (10.16)^2}{4}$$

$$A\phi_{80\%TC-1/2in} = 81.07mm^2 = 0.126in^2$$

Utilizando la ecuación 8, procedemos a determinar el área libre restante correspondiente tubo corrugado de media pulgada.

$$E.l. = A\phi_{TC-1/2in} - A\phi_{80\%TC-1/2in}$$

$$E.l. = 126.677 - 81.07$$

$$E.l. = 45.607\ mm^2 = 0.071\ in^2$$

Una vez calculadas las áreas, se establece el número máximo de cables para cada tubo corrugado, por medio de la ecuación 9.

$$\#\boldsymbol{Cables} = \frac{\boldsymbol{A\phi_{80\%TC-1in}}}{\boldsymbol{A\phi_{16}}}$$

$$\#\boldsymbol{Cables} = \frac{\boldsymbol{81.07}}{\boldsymbol{12.566}}$$

$$\#\boldsymbol{Cables} = \boldsymbol{6.45 \approx 6}$$

En el caso que se aplique el tubo corrugado de 1 pulgada, se establece el mismo cálculo por medio de la ecuación 9.

$$\#\boldsymbol{Cables} = \frac{\boldsymbol{A\phi_{80\%TC-1in}}}{\boldsymbol{A\phi_{16}}}$$

$$\#\boldsymbol{Cables} = \frac{\boldsymbol{324.29}}{\boldsymbol{12.566}}$$

$$\#\boldsymbol{Cables} = \boldsymbol{25.81 \approx 25}$$

En el caso de la aproximación es preferible escoger el valor inferior, ya que su límite al redondear, sobrepasa el 80% preestablecido dentro del cálculo [16].

Se establecen dichos valores máximos de cables para el tubo corrugado, donde se deben de considerar que los cables no se deformen, ni exista una sobre compresión entre cada uno de estos.

Para el cálculo del tiempo de carga se establecen las siguientes condiciones:

- Se establece que las baterías están totalmente descargadas.
- Se establece la capacidad de las baterías, que es de 240 Ah.
- La capacidad del cargador es de 20 A.
- Cada batería es de 3 celdas.
- La capacidad de cada celda es de 1,67V si esta descargada y de 2V cuando está cargada.

En la ecuación 10 se determina el número total de celdas por el banco de baterías.

$$\#\ total\ de\ celdas = \#baterias * \#\ celdas \tag{10}$$

$$\#\ total\ de\ celdas = 8 * 3$$

$$\# \boldsymbol{total\ de\ celdas = 24\ celdas}$$

Para determinar el voltaje de baterías cargadas, utilizamos la ecuación 11, donde se aplica el total de celdas multiplicado por la capacidad de las mismas.

$$V\ de\ baterias\ cargadas = \#\ total\ de\ celdas * Capacidad\ de\ celdas \quad (11)$$

$$V\ de\ baterias\ cargadas = 24 * 1.67$$

$$\boldsymbol{V\ de\ baterias\ cargadas = 40.8\ V}$$

$$V\ de\ baterias\ cargadas = 24 * 2$$

$$\boldsymbol{V\ de\ baterias\ cargadas = 48\ V}$$

Figura 35. Medición del cargador con baterías descargadas

En la Figura 35, a la izquierda, se observa como al realizar la conexión con las baterías, automáticamente el cargador determina que están descargadas, aumentando dicho voltaje gradualmente con respecto a su tiempo de carga, en la imagen de la derecha podemos ver la medición del cargador cuando las baterías están totalmente cargadas.

El tiempo de carga es la relación entre la capacidad de las baterías con respecto a la capacidad del cargador, visible en la ecuación 12.

$$T\ de\ carga = \frac{Capacidad\ de\ las\ baterías}{Capacidad\ del\ cargador} \quad (12)$$

$$T\ de\ carga = \frac{240\ Ah}{20\ A}$$

$$\boldsymbol{T\ de\ carga = 12\ h}$$

3.3. Presupuesto

En la tabla 5 se va a establecer los recursos materiales dentro de la implementación del sistema eléctrico, donde se especifican valores de cables, aislantes, tubo corrugado, conectores, ganchos, tanto de los genéricos como los impresos en 3D, amarras, pernos de sujeción y cargador de baterías.

Tabla 5. Recurso Materiales

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTOS UNITARIOS ($)	COSTO TOTAL ($)
Cable 0/4	8 m	8	64
Cable #16	58 m	0.60	34.8
Aislante (Termofundido)	58 m	0.20	10.16
Tubo corrugado de 1 pulgada	12 m	1	12
Tubo Corrugado de ½ pulgada	8 m	0.50	4
Conectores de 6 pines	3	1.50	4.50
Cargador de baterías	1	764	764
Terminales para cable 0/4	18	3	54
Ganchos de sujeción metálicos de 1 pulgada	6	0.15	0.9
Ganchos de sujeción metálicos de ½ pulgada	6	0.10	0.6
Impresión 3D de ganchos de sujeción	40		15
Pernos de sujeción	1 paquete		3.40
Amarras de nylon	1 paquete		2.50
TOTAL			**969.86**

Fuente: Autor

3.4. Especificaciones Técnicas

Los anexo planos eléctricos estarán establecidos bajo norma ISO, de dibujo técnico, utilizando diferentes Software de modelado y diseño de anexo planos, como es SolidWorks y AutoCAD.

Las especificaciones y procedimientos de instalación eléctrica están implementados por el Sistema de Cableado Siemon, la cual está basada en la ISO/IEC 14763-2 **[22]**, para los parámetros se ha utilizado características de desempeño tanto en transmisión de los conectores como en su respectiva pérdida, ya sea de retorno o por resistencia DC.

Se debe de tomar en cuenta que una buena conexión fomenta a que no existan discontinuidades a nivel energético, siendo los conectores los puntos más susceptibles para que exista interferencia, como se ha mencionado con anterioridad se han establecido dos tipos de cables, el #16 para accesorios y el 4/0 para conexión de potencia.

Para determinar la conexión entre cables se ha establecido una numeración y especificación en base a los circuitos FORD **[24]**, donde se establece un sistema

"Función-Sistema-Conexión" (FSC), para el presente sistema de distribución eléctrica se ha establecido en la Figura 36.

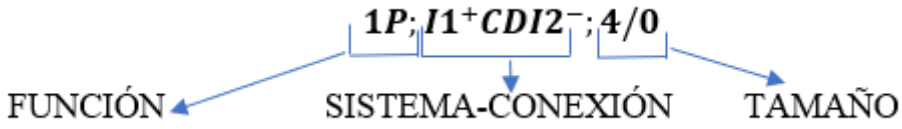


Figura 36. Código de interpretación de cables

3.4.1. Función

En esta especificación se determina el número del cable **"1"** y si es de potencia se especificará la letra **"P"**, caso contrario, que sea de accesorios se utilizará la letra **"A"**, se lo realizará de manera consecutiva dependiendo el calibre del cable, es decir que, al iniciar con una nueva numeración de cableado, se procederá a empezar nuevamente el conteo de dichos cables.

3.4.2. Sistema-Conexión

En esta especificación se establecerán el conector inicial **"$I1^{+}$"**, el tipo de carga para la cual es implementada **"CD"** y su punto final de la conexión **"$I2^{-}$"**, si bien en todo el auto eléctrico se implementa solo corriente directa, dicha especificación podría implementada en otros tipos de identificación de cableado.

3.4.3. Tamaño

En este punto, se determinan las características del cable a utilizar según especificación AWG, para el caso de potencia se implementa **"4/0"** y para los accesorios **"AWG 16"**, que son los implicados dentro del sistema eléctrico, dichos factores pueden variar dependiendo el catálogo de cables que posea el proveedor, si es así, desde un inicio se debe de aclarar bajo que parámetros o numeraciones están los cables.

En la Tabla 6, se establece una tabla de resumen de los cables implicados en el sistema eléctrico, ya sea potencia y accesorios.

Tabla 6. Especificaciones Cableado Eléctrico

Implementación	Numeración	Características
POTENCIA	1P;$\boldsymbol{I1}^{+}$CD$\boldsymbol{I2}^{-}$;4/0	Los terminales I#, están dados por la numeración de cada batería con su respectivo polo.
	2P;$\boldsymbol{I2}^{+}$CD$\boldsymbol{I3}^{-}$;4/0	
	3P;$\boldsymbol{I3}^{+}$CD$\boldsymbol{I6}^{-}$;4/0	
	4P;$\boldsymbol{I4}^{+}$CD$\boldsymbol{I5}^{-}$;4/0	
	5P;$\boldsymbol{I5}^{+}$CD$\boldsymbol{I7}^{-}$;4/0	
	6P;$\boldsymbol{I7}^{-}$CD$\boldsymbol{I8}^{+}$;4/0	
	7P;$\boldsymbol{I7}^{+}$CD$\boldsymbol{I1}^{-}$;4/0	
	8P;$\boldsymbol{I6}^{+}$CD$\boldsymbol{F}^{+}$;4/0	F+ =Fusible +
	9P;$\boldsymbol{I4}^{-}$CD$\boldsymbol{B}^{-}$;4/0	B- =Controlador -
	10P;$\boldsymbol{I5}^{+}$CD$\boldsymbol{M}^{-}$;4/0	M- = Polo negativo motor
	11P; $\boldsymbol{I1}^{-}$CD$\boldsymbol{M}^{+}$;4/0	M+ = Polo positivo motor
	12P;$\boldsymbol{B}^{+}$CD$\boldsymbol{C}^{\boldsymbol{C}-}$;4/0	$\boldsymbol{B}^{+}$ = Controlador + $\boldsymbol{C}^{\boldsymbol{C}-}$ = Contactor–
	13P;$\boldsymbol{C}^{\boldsymbol{C}+}CD\boldsymbol{F}^{-}$;4/0	$\boldsymbol{F}^{-}$ =Fusible – $\boldsymbol{C}^{\boldsymbol{C}+}$ = Contactor +
ACCESORIOS	1A; CI CD A;#16	Fuente de alimentación del Controlador de salida
	2 A; CI CD A;#16	Medidor de corriente
	3 A; CI CD A;#16	Contactor principal del controlador
	4 A; CI CD A; #16	Alarma
	5 A; CI CD A; #16	Señal de retorno
	6 A; CI CD A; #16	Indicación de ejecución
	7 A; CI CD A; #16	Señal de retorno
	8 A; CI CD A; #16	Receptor
	9 A; CI CD A; #16	Transmisor
	10 A; CI CD A; #16	Reservado
	11 A; CI CD A; #16	Reservado
	12 A; CI CD A; #16	Reservado
	13 A; CI CD A; #16	Retorno de señal
	14 A; CI CD A; #16	Indicación de fallo
	15 A; CD CD A; #16	Fuente de alimentación del Controlador entrada
	16 A; CD CD A; #16	Retorno de señal
	17 A; CD CD A; #16	Retorno de señal
	18 A; CD CD A; #16	Frenos de alto nivel y la entrada de Temperatura del motor
	19 A; CD CD A; #16	Entrada analógica del acelerador
	20 A; CD CD A; #16	Entrada analógica del freno
	21 A; CD CD A; #16	Salida de la fuente de 5 v
	22 A; CD CD A; #16	Entrada del interruptor del Acelerador
	23 A; CD CD A; #16	Entrada del interruptor de reversa
	24 A; CD CD A; #16	Entrada del interruptor del freno
	25 A; CD CD A; #16	Reservado
	26 A; CD CD A; #16	Reservado
	27 A; CD CD A; #16	Reservado
	28 A; CD CD A; #16	Retorno de señal
	29A; CI CD A; #16	Puente contactor
	30A; CI CD Cc; #16	Positivo breaker de alimentación contactor
	31A; CI CD F; #16	Negativo breaker de alimentación fusible
	32A; AP CD A; #16	Accesorios parlantes +

Implementación	Numeración	Características
	33A; AP CD A; #16	Accesorios parlantes -
	34A; AP CD A; #16	Accesorios parlantes señal
	35A; AP CD A; #16	Accesorios parlantes señal
	36A; IL CD AL; #16	Alimentación +
	37A; IL CD AL; #16	Alimentación -
	38A; IL CD A; #16	Señal tablero luces
	39A; SW CD A; #16	Switch Llaves +
	40A; SW CD A; #16	Switch Llaves -
	41A; AP CD A; #16	Positivo cámara de retro
	42A; AP CD A; #16	Negativo cámara de retro
	43A; DFI CD A; #16	Direccionales faros izquierdo positivo
	44A; DFI CD A; #16	Direccionales faros izquierdo negativo
	45A; DFD CD A; #16	Direccionales faros derecho positivo
	46A; DFD CD A; #16	Direccionales faros derecho negativo
	47A; SF CD A; #16	Salida faros positivo
	48A; SF CD A; #16	Salida faros negativo
	49A; LP CD A; #16	Luces de parqueo positivo
	50A; LP CD A; #16	Luces de parqueo negativo
	51A; ES CD A; #16	Entrada señal 11 Arduino superior
	52A; ES CD A; #16	Entrada señal 10 Arduino superior
	53A; TX CD A; #16	TX - 1 Arduino superior
	54A; RX CD A; #16	RX – 0 Arduino superior
	55A; AL CD A; #16	Alimentación GND Arduino superior
	56A; AL CD A; #16	Alimentación Vin Arduino superior
	57A; ER CD A; #16	Entrada regulador 5V Arduino superior
	58A; SR CD A; #16	Salida regulador 5V Arduino superior
	59ª; CR CD A; #16	Conexión entre Relés Arduino superior
	60A; ES CD A; #16	Entrada señal 11 Arduino inferior
	61A; ES CD A; #16	Entrada señal 10 Arduino inferior
	62A; TX CD A; #16	TX - 1 Arduino su inferior
	63A; RX CD A; #16	RX – 0 Arduino s inferior
	64A; AL CD A; #16	Alimentación GND Arduino inferior
	65A; AL CD A; #16	Alimentación Vin Arduino s inferior
	66A; ER CD A; #16	Entrada regulador 5V Arduino inferior
	67A; ER CD A; #16	Salida regulador 5V Arduino inferior
	68A; CR CD A; #16	Conexión entre Relés Arduino inferior
Código de Cableado	CI	Zócalo conector izquierdo
	CD	Zócalo conector derecho
	Cc	Contactor, cable de protección con breaker
	IL	Interruptor luces
	AL	Alimentación
	IN	Interruptor reversa

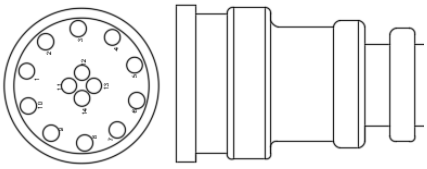
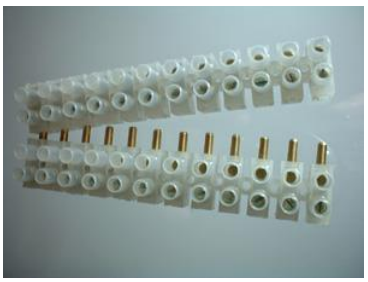
Fuente: Autor

Establecida dicha numeración se puede implementar un rediseño de la distribución eléctrica, es decir, que luego de realizar pruebas de conexión, se puede optimizar dichas conexiones, tomando en cuenta la reducción de longitudes de cables y que no exista interferencia del cableado con otros sistemas.

3.4.4. Optimización del Sistema Eléctrico

Parte fundamental de las conexiones eléctricas, son los conectores, en la Tabla 7, se establece dicha selección con sus respectivas características

Tabla 7. Especificaciones de conectores eléctricos

Nombre	Características	Fotografía
Terminales de cobre de alto rendimiento	Para las baterías se ha incorporado terminales de cobre, los cuales con un perno #11 establece la conexión en serie de las baterías de Litio.	
Zócalos de conexión del controlador	Son aquellos conectores que salen del controlador Kelly PM48301, los cuales sirven para establecer salidas y entradas de los accesorios en referencia del sistema de potencia.	
Conectores de 6 y 9 pines	Para establecer una conexión de mejores características y que se reduzca el espacio de conectores macho y hembra se ha incorporado este tipo de conectores, específicamente para cables #16	
Conectores de radio	Este tipo de conectores viene incorporado con la radio, de los cuales están divididas en 12 salidas para sus diferentes aplicaciones, como es alimentación, salida de audio y visualización de cámara de retro.	
Borneras	La factibilidad de las borneras es reemplazada por los conectores de 6 y 9 pines, pero existieron 6 pares de borneras que se dejaron previstas para la correcta salida del radio y una alimentación de accesorios.	

Fuente: Autor

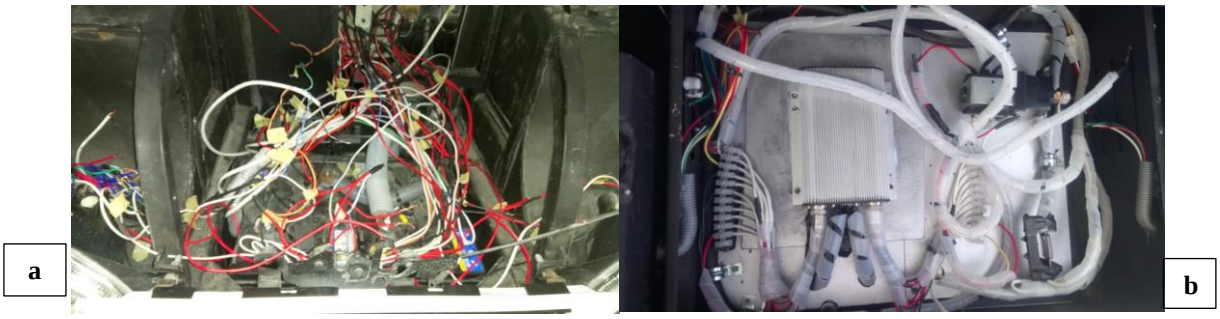


Figura 37. Conexión eléctrica de manera empírica

A partir de la Figura 37, se pueden establecer diferentes tipos de problemas e inconvenientes, establecidos en el sistema eléctrico dependiendo si es para el control de accesorios Figura 37, (a) o el control del motor Figura 37, parte (b), los cuales se establecen a continuación:

1. Inconvenientes encontrados en el sistema eléctrico del control de accesorios

    - La falta de identificación de cables, así como aislantes produce el erróneo entendimiento el sistema, complicando el reemplazo de componentes de ser necesario.
    - El empalme de los cables se lo ha determinado de manera empírica, lo cual por movimiento del automóvil puede causar desconexión o en el peor de los casos cortos circuitos.
    - La alimentación de los accesorios es de 12V, por lo cual se establece en serie dos baterías de 6V, al carecer de un componente de desconexión, las baterías se descargan aún si no están en uso.
    - La reducción de cables ha producido que se sobre pongan de otros componentes, ya sea del sistema de frenado, baterías y caja de Arduino, entorpeciendo dichos sistemas.
    - La ubicación del tablero está compuesta de tal manera que su acceso al cableado se limita de manera considerable.

2. Inconvenientes del sistema eléctrico en el control del motor DC

    - Si bien dentro del control del motor, se ha establecido parámetros de identificación por medio de un diagrama eléctrico, la falta de información entre la implementación real y gráfica produce que se debe de retirar el recubrimiento para su completo entendimiento y análisis.

- El cruce de cables salientes de los zócalos, entorpece la dirección hacia los cuales van dirigidos.
- La aplicación de borneras ocupa de manera excesiva espacio, si bien ayuda a identificar de mejor manera la salida de los cables, su colocación no es apta si se requiere retirar componentes.
- La escasez de ganchos de sujeción y el empalme realizado de manera empírica en cables de cortas longitudes puede causar desconexión dentro del sistema.
- La carencia de identificación del cable cero entre componentes, así como sus dimensiones y su dirección dentro de la estructura produce datos erróneos, en el caso que se desee replicar.

Previo al análisis de inconvenientes y limitaciones dentro del sistema eléctrico, se procede a establecer los diagramas, anexo planos y especificaciones que irán dentro del entendimiento del sistema eléctrico, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- Partiendo del sistema más complejo, el cual es el control del motor DC, se procede a establecer las características, dimensiones y dirección dentro del auto eléctrico, dichos códigos están establecidos en la Tabla 6, donde se identifican numeración, capacidades, conexión de inicio y de fin, se visualiza de mejor manera en la Figura 38, la cual está determinada en referencia del anexo plano 3; las determinaciones de la implicación del código del cableado, se debe de incorporar en cada uno de los extremos del cable, para que de ambos lados se encuentre su identificación.

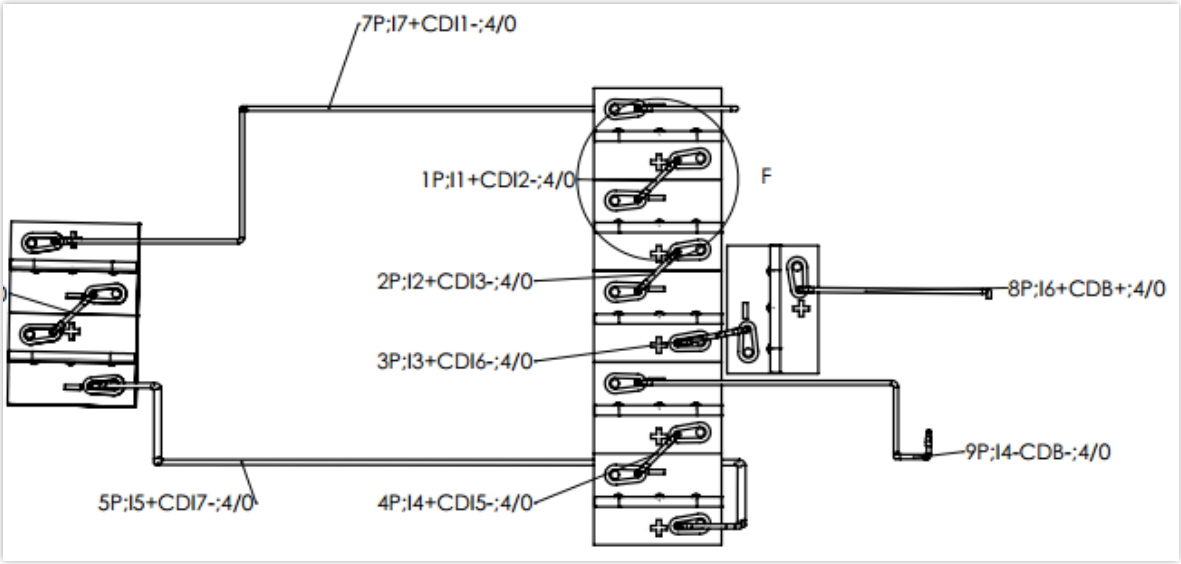


Figura 38. Identificación de cables de conexión entre baterías

- Una vez identificados los cables dentro del sistema de potencia, se procede a establecer en donde serán anclados dentro de la estructura establecido en el anexo plano 9, así como el tipo de gancho especificado en el apartado 3.1.2.2, especializado para este tipo de cable, en la Figura 39, se observan las distancias de cada gancho dependiendo las dimensiones por donde se trasladará, este caso se establece la dimensión máxima de 1265 mm, lo cual se divide entre 5 unidades, para poder establecer los ganchos cada 253 mm, tomando en cuenta que exista una correcta tensión en toda la sección del cable.

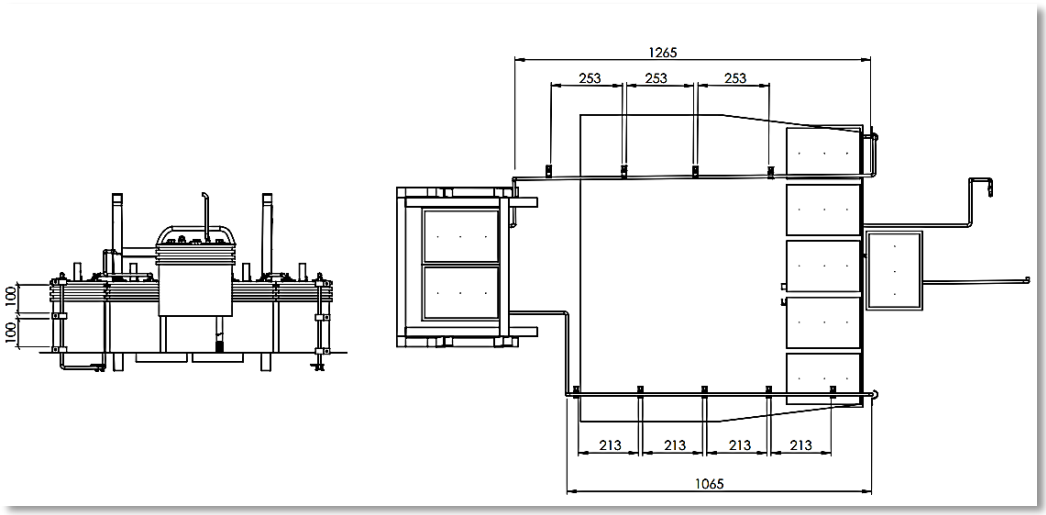


Figura 39. Colocación de ganchos dentro de la estructura

- De igual manera para el controlador se toma en cuenta, las mejores rutas para poder establecer la distribución eléctrica, como mejor opción se obtiene las caras

laterales de la caja del controlador, incorporando en vez de borneras, pines de conexión y desconexión, en la Figura 40, se visualiza la reducción del espacio entre el cableado, así como su facilidad de comprensión entre cada cable y los pines del conector, evitando el cruce entre componentes y el cableado eléctrico, comprendido dentro del anexo anexo plano 10 y 11.

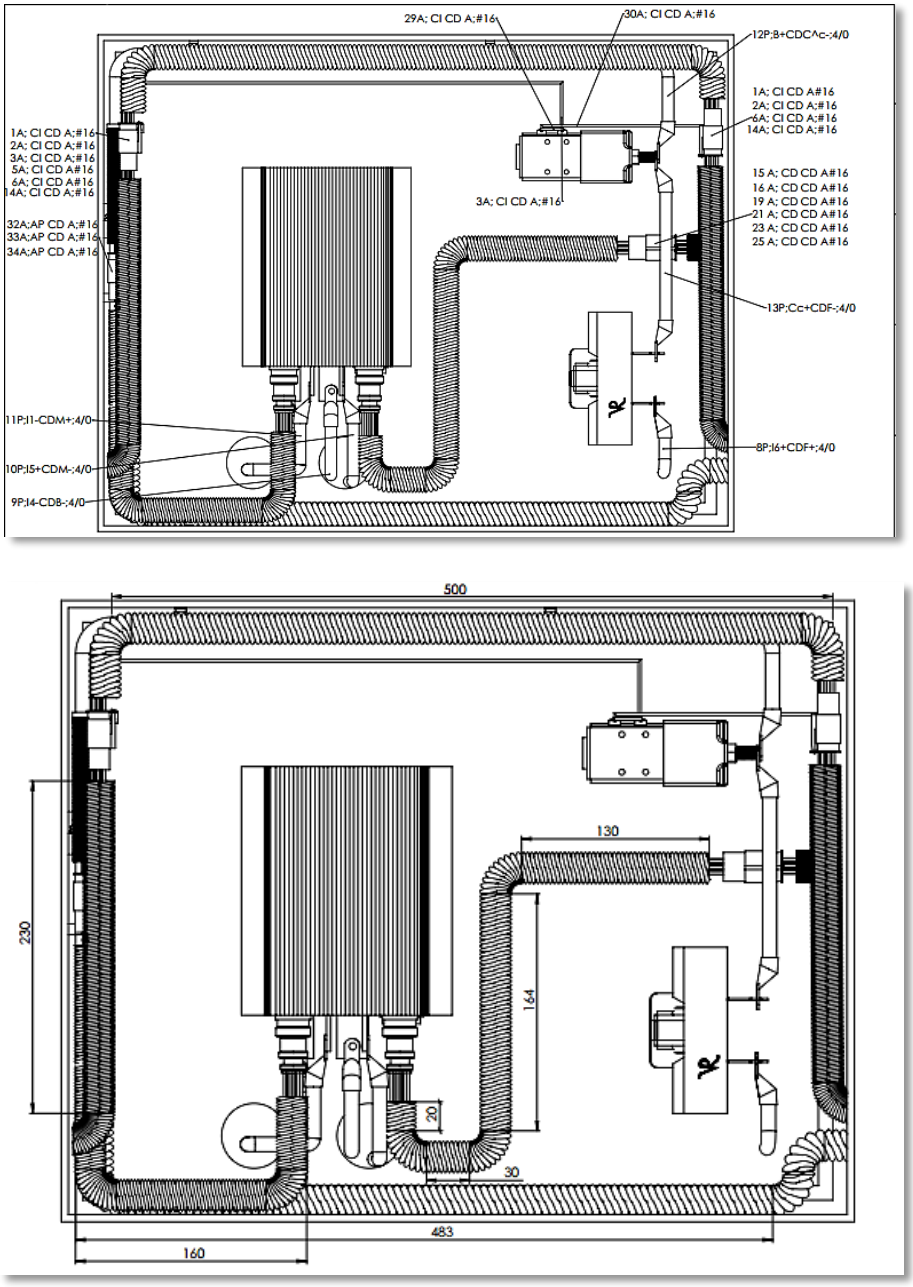


Figura 40. Mejoramiento del sistema eléctrico en la caja del controlador

- Para el control de los accesorios se parte del tablero, donde se establecen breakers de conexión y desconexión, pantalla táctil, visualizadores, medidores y la radio, en la Figura 41 (a) se observa las salidas del tablero, los cuales se establecen en el

anexo, anexo planos 11 y 12, el cual hace referencia a la Figura 41 (b); identificando los conectores, se procede a su correcta distribución la cual de manera frontal se incorpora el tubo corrugado ya que se acopla tanto a la estructura como al tablero.

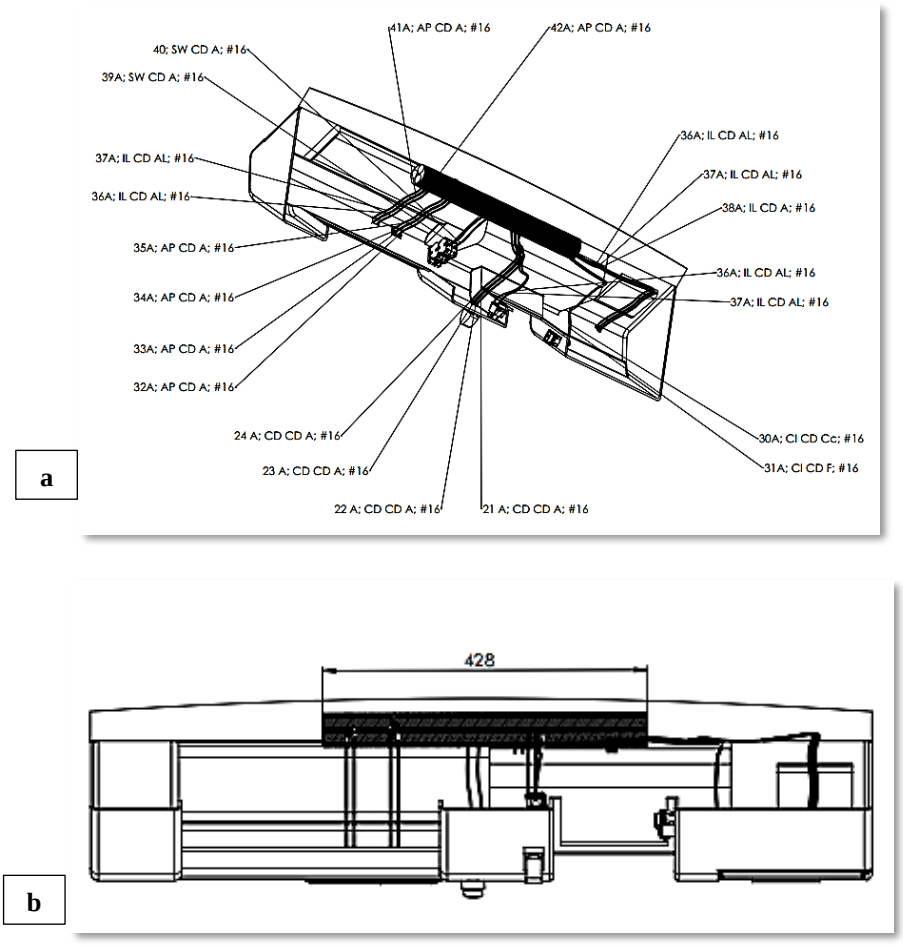


Figura 41. Distribución del sistema eléctrico en el tablero

- Las delimitaciones de la caja de Arduino no son impedimento para poder desarrollar una distribución eléctrica óptima y entendible, de tal manera que la recopilación de cables salientes del Arduino, así como su correcta sujeción para evitar desconexiones ha sido el principal objetivo dentro del desarrollo del mejoramiento del control de accesorios, la implicación de un conector a la salida de la caja de Arduinos contribuye con su correcto retiro de ser necesario, como se puede observar en la Figura 42, la cual hace referencia al anexo plano 16, donde añadir aislantes a los cables mejora su distribución, si bien se reduce el espacio de aplicación para el sistema eléctrico, se compensa con la parte estética y entendimiento de entradas y salidas de los Arduinos.

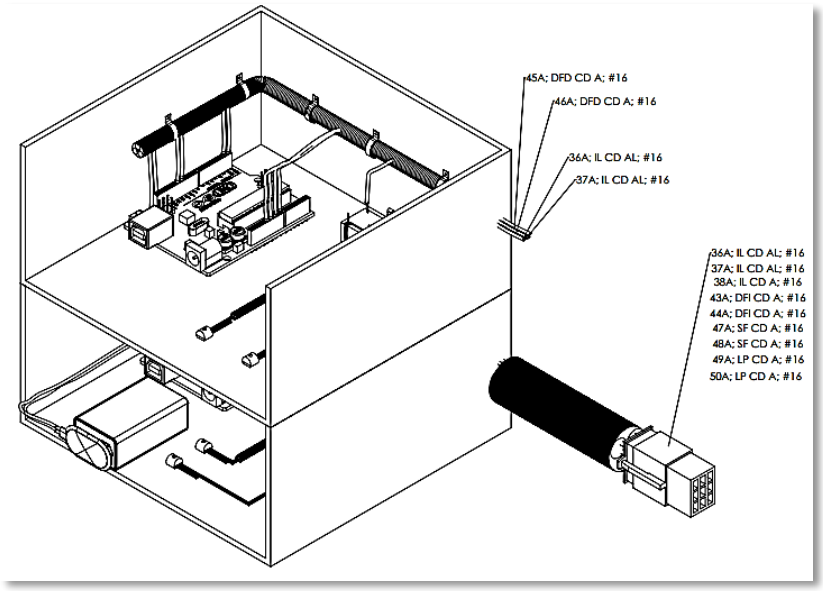


Figura 42. Sistema eléctrico dentro de la caja de Arduinos

- Una vez establecidas las salidas del Arduino, se procede a distribuir el cableado eléctrico en la estructura frontal, en la Figura 43 la cual hace referencia al anexo anexo plano 18, se establece la mejor opción de distribución, tomando en cuenta que no exista cruce tanto con otros sistemas como con las baterías, siendo la mejor opción la presentada; se debe de tomar en cuenta los puntos de división para el cableado eléctrico acoplando conjuntamente para que no exista cables excesivamente expuestos.

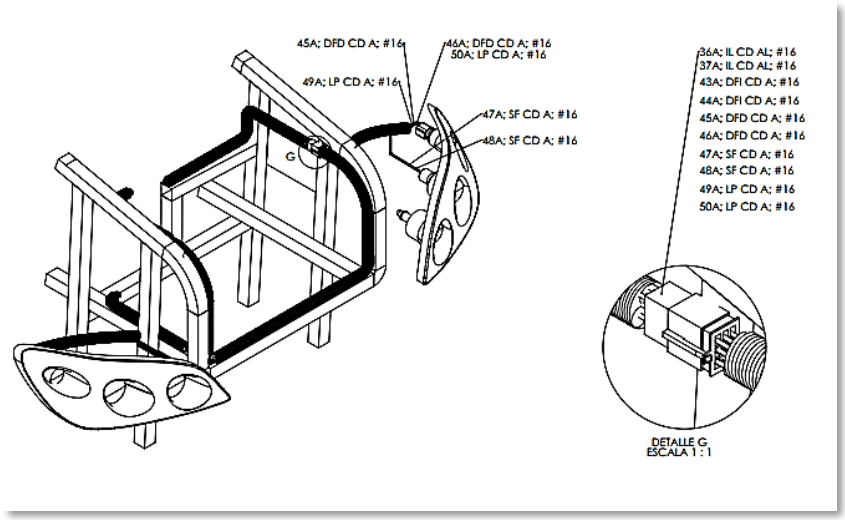


Figura 43. Distribución del cableado eléctrico para faros delanteros

- Al realizar las distribuciones de los cables, así como la ubicación de conectores y empalmes, se procede a diseñar el respectivo arnés, lo cual se observa en la Figura 44, perteneciente al anexo plano 28; donde se visualiza las respectivas conexiones de cada cable dependiendo su conector, así como las dimensiones de cada mazo posterior al combinar con el aislante.

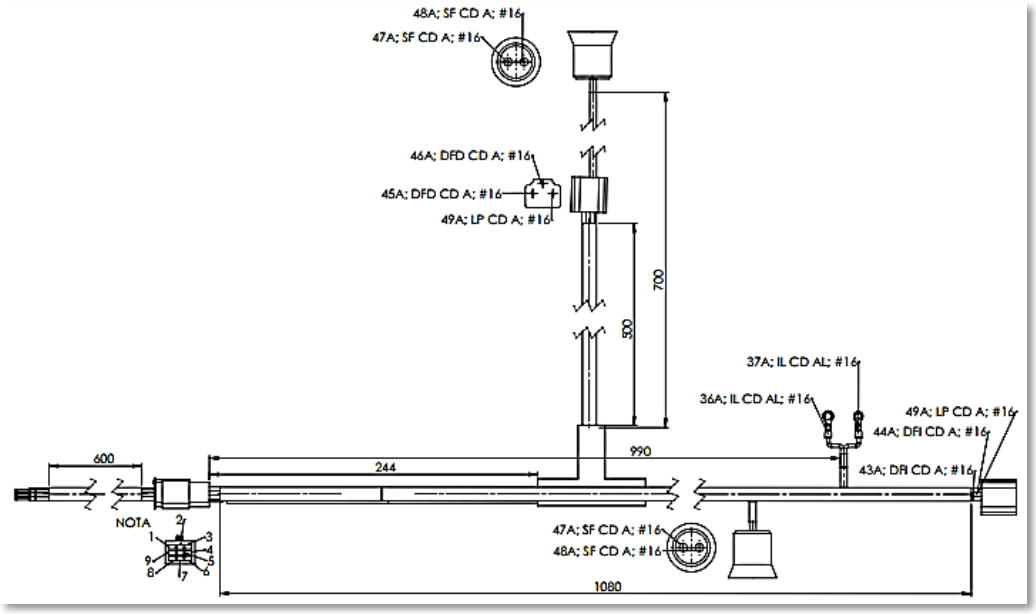


Figura 44. Determinación del arnés en base a conectores y aislantes con sus respectivos cables

- Para la establecer la ubicación de cada cable en cada conector se ha implementado dentro de los anexos planos la vista frontal del conector, donde se visualiza el nombre del cable y su respectivo orden, presente en la Figura 45.

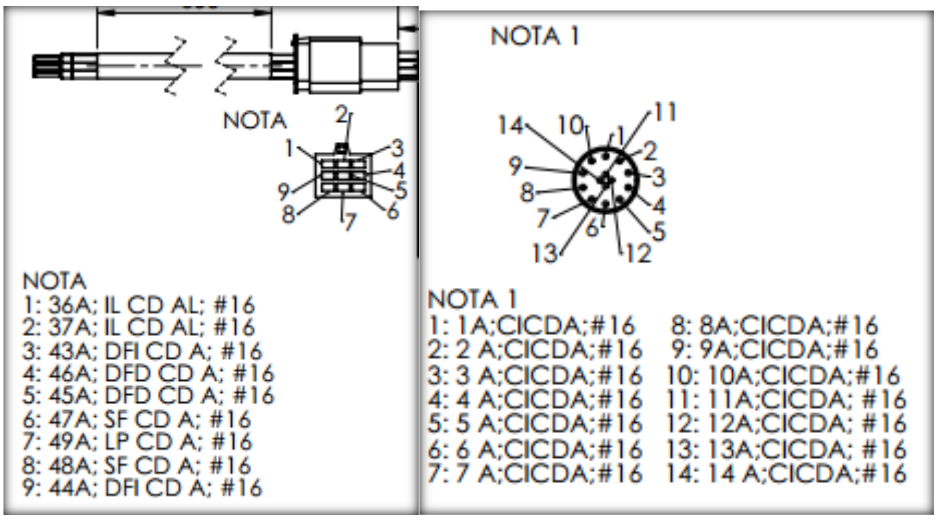


Figura 45. Determinación de la ubicación de cada cable dentro de los conectores

Obteniendo por medio del diseño, las mejores posibilidades de distribución, reemplazo de conectores y aplicación de aislantes se procede a incorporar de manera técnica dentro del CIM17, a continuación, se establecen los parámetros establecidos en los anexos planos, de tal manera que se identifican ciertos inconvenientes y sus respectivas soluciones.

Figura 46. Repotenciación de las conexiones eléctricas

En la Figura 46, se establece conexiones de prueba para poder determinar si los accesorios son óptimamente alimentados, comprobada dicha finalidad, se procede a establecer una distribución eléctrica de mejores capacidades, lo cual se observa en la Figura 46, apartado (a), donde se ha liberado espacio para poder manipular las dos baterías de litio y la caja de control de los accesorios, donde se encuentran los Arduinos.

En la Figura 46 (b), se observa la caja del controlador donde a un inicio se establece como aislante un espiral genérico de nylon, el cual no satisface las necesidades de aislamiento para el sistema, de igual manera su distribución eléctrica no comprende un rápido entendimiento de las conexiones.

Figura 47. Borneras del controlador y accesorios

La aplicación de borneras como se puede observar en la Figura 47, se aplica para una correcta conexión y desconexión entre diferentes puntos, si bien es lo más general que se aplica, en algunos casos, como este no es muy recomendable, ya que entorpece la conexión, siendo fácilmente afectado por factores como polvo e impurezas, es por eso que se ha tomado la decisión de reemplazarlas por conectores de 9 pines.

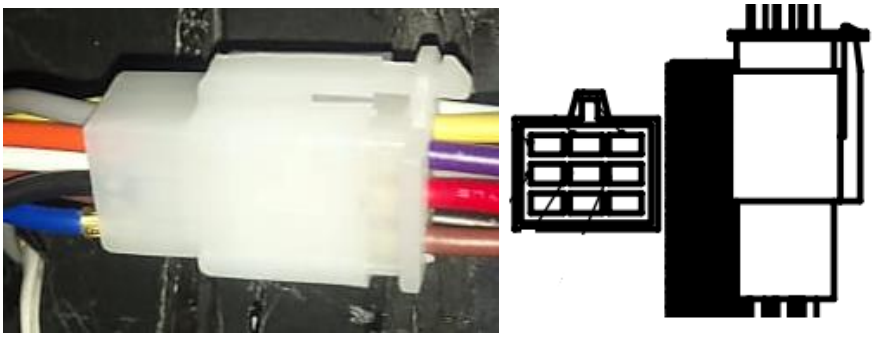


Figura 48. Conectores de 9 pines

La implementación de conectores, si bien añade mayor factibilidad de conexión e incorpora una reducción de espacio, hay que tomar en cuenta que deben estar bien ingresados los pines ya sean de tipo macho o hembra, ya que podría afectar al correcto paso de corriente entre varios puntos.

Establecidos las nuevas directrices para la distribución eléctrica, como número de cables, aislantes, dirección y reducción de cableado, se procede a incorporar los nuevos parámetros.

Primero establecemos las dimensiones de cada cable, con su respectivo código, lo cual está determinado por las limitaciones espaciales del área de trabajo, entre lo cual se tiene que identificar cada mazo del cual se baja su finalidad.

Figura 49. Determinación de conjunto de cables

Establecido las dimensiones del cableado, procedemos a incorporar el termofundido que se incorpora para una protección extra de pequeñas secciones de cableado, ya sea de cables independientes o de un máximo de un conjunto de tres cables, posteriormente procedemos a añadir sus respectivos conectores dependiendo su finalidad.

Figura 50. Aplicación del termofundido y conectores al cableado

Finalmente se incorpora el aislante exterior, delimitando el número de cables en base a los cálculos previamente establecidos, tomando en cuenta la posición y distancia entre cada gancho para su posterior anclaje en la superficie que así se lo requiera, en la Figura 50, en las partes A y B se establece el arnés enrollado y ampliado respectivamente, así, en la parte C, se observan los diseños tipo T y L diseñados e impresos en una impresora 3D, los cuales se aplican en las intersecciones del cableado para poder recubrirlos, cuyas dimensiones están expresados en el anexo plano 26.

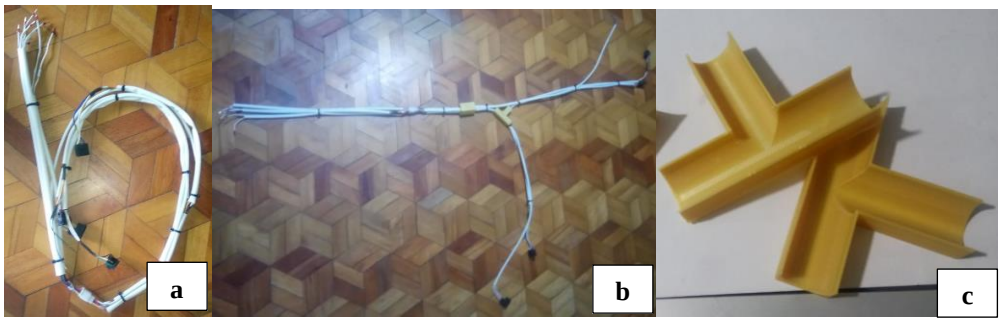


Figura 51. Arnés eléctrico

En la Figura 51, se observa el cableado resultante de realizar un análisis tanto con respecto a la distribución, aislantes, y parámetros limitantes de alimentación eléctrica con respecto a este sistema, en la parte (a) establecida para accesorios se determina un mejor entendimiento para las entradas, salidas y alimentación desde los arduinos hacia las pantalals de control, las baterias de 12 V y los faros tanto delanteros como traseros; en la parte (b) se establece el mejoramiento del panel del controlador, donde se aprecia de mejor manera cada uno de los componentes que estan dentro del sistema de potencia como la identificación de los cables tanto del número cero, como diez y seis.

Tabla 8. Resumen de incorporaciones en el sistema eléctrico

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Cable 0/4	8 m
Cable #16	58 m
Aislante (Termofundido)	58 m
Tubo corrugado de 1 pulgada	12 m
Tubo Corrugado de ½ pulgada	8 m
Conectores de 6 pines	3
Cargador de baterías	1
Terminales para cable 0/4	18
Ganchos de sujeción metálicos de 1 pulgada	6
Ganchos de sujeción metálicos de ½ pulgada	6
Impresión 3D de ganchos de sujeción	40
Pernos de sujeción	1 paquete
Amarras de nylon	1 paquete

Fuente: Autor

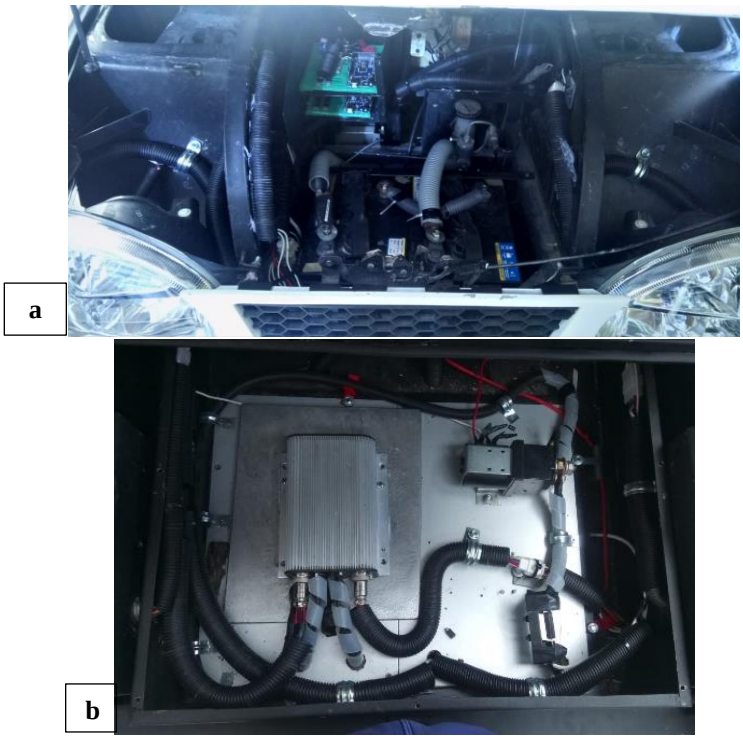


Figura 52. Cableado final en el auto eléctrico CIM17

3.4.5. Carga de las Baterías

Al seleccionar un cargador convencional de 48 V, se debe de establecer tanto su tipo de conexión como sus diferentes inconvenientes y errores comunes dentro de su conexión y carga, visible en la Figura 53.

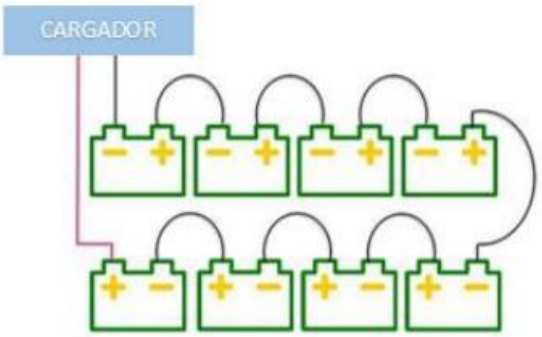


Figura 53. Instalación del cargador convencional con el banco de baterías **[20]**

El cargador debe de instalarse en paralelo al banco de baterías, si bien un inconveniente fue que al realizar dicha conexión se observaba “E1”, donde la interconexión de las baterías se leía como que no existiera un voltaje de lectura el cual es proporcionado por las baterías, al retirar el cable cero que conectaba a esas dos baterías ahí existía un cierre de circuito para poder leer de manera correcta.

La dirección de corriente en continuo es un concepto básico entendible dentro del proceso de carga de las baterías, de manera más concreta observando de manera frontal al banco de baterías, el conector positivo debe de estar a la derecha y el negativo a la izquierda, lo cual realiza la suma total del voltaje de las baterías.

Figura 54. Lectura del voltaje de las baterías (42V y 36V) por medio del cargador

Figura 55. Lectura del voltaje de las baterías (12V y 18V) por medio del cargador

En la Figura 54 (a), se observa la conexión entre el cargador y 7 baterías, por lo que la multiplicación de su voltaje, da un total de 42V, lo cual lee el cargador, de igual manera conectando 6 baterías, Figura 54 (b), al estar descargadas da un valor de 34,6V; en la Figura 55 (a) y (b) se representa la lectura de 2 y 3 baterías respectivamente.

En el caso que las baterías estén altamente descargadas, el cargador no las podrá leer, ya que debe existir un mínimo de 3V para poder establecer la carga; de igual manera en la Figura 56, se observa el error que se genera dentro del cargador al establecer de manera contraria la polaridad de los cables de conexión.

Figura 56. Error del cargador por polaridad invertida

En la adquisición del cargador, se incorporó tanto el equipo, el cable de la alimentación, el cable de salida del cargador y los conectores para las baterías.

Figura 57. Equipo y cables pertenecientes al cargador convencional de alta frecuencia

Figura 58. Distribución del cable de alimentación y conexión del cargador

La colocación del cargador se lo ha implementado de tal manera que no exista acumulación de calor en el mismo, ni afecte a otros sistemas, la colocación en la parte posterior de los asientos efectúa una correcta interacción entre visualizar la carga de las baterías como la conexión para su respectiva carga.

Dentro del proceso de carga de batería se pudo observar que 2 de las 8 baterías presentaban fallos, ya que al momento de alimentar los accesorios, se decidio de manera errónea, obtener los 12V por medio de la conexión dichas 2 baterías, se descargaron al punto de presentar fallos, por lo cual se optó por realizar un cambio de carga dentro de las baterías, es decir que con el mismo cargador se puede utilizar tanto para el banco de 8 baterías que están destinados a potencia, como la batería de 12V para los accesorios.

Figura 59. Swtich de cambio de carga

En la figura 59 se puede observar las conexiones para hacer ese cambio de voltaje sin que se vean afectadaslas baterias de suministro de energía, así como la identificación de la selección del voltaje a cargar, por medio de un switch de 3 etapas.

3.4.6. Manual Eléctrico

En referencia al manual eléctrico, se ha incorporado para tener un mejor entendimiento de todos aquellos accesorios, distribución y aislantes pertenecientes al CIM17; entre los parámetros a observar dentro del manual, especificado en el anexo I, en le cual tenemos los siguientes:

- El proceso de sistema de cableado eléctrico

  Donde se propone los parámetros para realizar un análisis de distribución eléctrica en base a su automatización y delimitaciones propuestas dentro del sistema.

- Especificaciones de los conectores

  La selección y reemplazo de los mismos, así como su ubicación y finalidad e cada uno, lo cual conlleva a una efectiva conexión para cada accesorio.

- Cableado eléctrico

En este parámetro se determina de manera resumida el cálculo para la correcta selección del cable a utilizar, en base a norma AWG.

- Selección de Arnés

  Se establece para delimitar el número de cables dependiendo el diámetro del tubo corrugado, así como los ganchos incorporados dentro del sistema eléctrico.

- Carga de baterías

  La incorporación, conexión y tiempo de carga se establece dentro de este parámetro, así como los componentes del cargador.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se ha implementado un código de numeración para los cables, lo que proporciona un mejor entendimiento dentro del análisis y finalidad de cada cable eléctrico.
- Se incorporó tubo corrugado de una pulgada y de media pulgada para poder recubrir el arnés estructural, para evitar que existan componentes externos como polvo e impurezas.
- La creación del manual eléctrico incorpora de manera resumida los factores, materiales, equipos y cálculos pertenecientes a un correcto manejo del sistema eléctrico, partiendo de las necesidades de corriente para alimentar ya sean equipos o accesorios, así como la instalación.
- Para desarrollar una correcta distribución eléctrica se debe de partir del análisis de componentes a automatizar, automatización, esquematización y desarrollo de los diagramas eléctricos y finalmente establecer los anexos planos de la distribución eléctrica, para procesos de producción en serie esto se reduce a solo implementar el arnés estructural tomando ya en cuenta conectores, aislantes, ganchos y dimensiones de los mismos.
- Se ha determinado un valor máximo de cables y medio de cálculo dentro del tubo corrugado en base a su diámetro interno, obteniendo que para media pulgada debe de incorporarse un máximo de 6 cables y en el de una pulgada un máximo de 25 cables.
- Se ha seleccionado un cargador convencional de alta frecuencia para poder realizar la carga de las baterías, la factibilidad del mismo está dada por la descarga inicial de las baterías, es decir que, a mayor descarga, mayor será el tiempo de carga, dando un máximo de 12 horas.
- Los conectores más conflictivos fueron aquellos que van tanto a las entradas como a las salidas de los Arduinos, su fragilidad para doblarse y fracturarse complica el correcto funcionamiento de los accesorios que se intentan automatizar.

- Para un desarrollo complementario se ha optado por diseñar e imprimir en 3D, ganchos de sujeción tanto para el cable cero como para un mazo de cables #16 se ha utilizado un total de 40 ganchos distribuidos entre todo el sistema.
- En primeras instancias, se tenía un alrededor de 74 metros de cable #16, mediante el análisis de distribución eléctrica se ha reducido hasta 58 metros.

4.2. Recomendaciones

- Delimitar en lo más posible la utilización de empalmes, en el caso que se necesite, se debe de utilizar normas especializadas y que eviten que existan un corto circuito.
- Identificar previo a la conexión de los cables del cargador la respectiva polaridad de los mismos, evitando que el cargador trabaje de manera errónea, el exceso de fallos podría afectar y hasta descomponer al cargador.
- La continua revisión y mantenimiento del sistema eléctrico proporciona mayor tiempo de vida útil de componentes, accesorios y baterías.
- Para la eficiente carga de las baterías se recomienda no utilizar los componentes del sistema eléctrico, evitando perdidas innecesarias.
- La presente tesis está establecida para el auto eléctrico CIM17, si bien los delimitantes están acoplados a la estructura del auto previamente mencionado, también se puede aplicar ciertos criterios como número de cables en el tubo corrugado, código eléctrico y determinación de aislantes para otros sistemas eléctricos que se encuentren dentro de carrocerías.
- Se recomienda de manera personal, realizar cada estudio, tesis y trabajo, con el mayor de los esfuerzos, por nosotros mismo, nuestras familias y el mejoramiento del país al cual pertenecemos.

C.- MATERIALES DE REFERENCIA

1. Bibliografía

[1] Taboola, «El Universo,» El Universo S.A., 30 Junio 2017. [En línea]. Available: https://www.eluniverso.com/tendencias/2017/06/30/nota/6255364/mas-100-autos-electricos-circulan-ecuador. [Último acceso: 29 Abril 2018].

[2] D. Viera, "ESTUDIO Y NORMATIVAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE AUTOMÓVILES ELÉCTRICOS EN EL DISTRITO", Quito, Ecuador: Universidad Internacional Del Ecuador, 2017.

[3] E. Ortiz, "ADAPTACIÓN DE UN BUGGY CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A UN SISTEMA ELÉCTRICO", Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, 2017.

[4] ANSI, Prepared by the Electric Vehicules Standars Panel of American National Standards Institute, Washington: EVSP-ANSI, 2014.

[5] VwHuelva, «"GUIA PARA CAMBIAR INSTALACION ELECTRICA DE ESCARABAJO DEL 62",» AIRCOOLED, 2 Febrero 2015. [En línea]. Available: http://www.foroaircooled.com/t3370-guia-para-cambiar-instalacion-electrica-de-escarabajo-del-62. [Último acceso: 29 Abril 2018].

[6] M. Sapiens, «Oficios Técnicos,» Tecnoficio, 21 Febrero 2013. [En línea]. Available: http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad_del_automotor.php. [Último acceso: 16 Mayo 2017].

[7] H. Cují y L. Sánchez, "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE UN SISTEMA DE RECARGA INDUCTIVA PARA AUTOS ELÉCTRICOS", Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Carrera de Ingeniería Automotriz, 2015.

[8] J. Álvarez y A. Arrollo, "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y OPERACIÓN DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO ALIMENTADO CON ENERGÍA ALTERNATIVA, EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI", Latacunga, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de Ingeniería Eléctrica, 2014.

[9] VIAKON, «Conductores Eléctricos,» de *Manual Eléctrico*, Monterrey, VIAKON, 2013, pp. 69-152.

[10] COCESA, «"CONDUCTORES DESNUDOS",» de *"CABLES Y ALAMBRES DE COBRE DESNUDOS"*, Santiago de Chile, COCESA, 2014, pp. 9-10.

[11] ADIF, «"POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA AISLAMIENTO EN CABLES CON RELLENOS ANTIHUMEDAD Y COMPUESTOS DE RELLENO ANTIHUMEDAD",» de *"SEÑALIZACIÓN, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS"*, Madrid, RENFE, 1976, pp. 6-9.

[12] Sapiensman, «Oficios Técnicos,» Tecnoficio, 22 Agosto 2016. [En línea]. Available: http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad_del_automotor14_arnes_de_cableado.php#up. [Último acceso: 25 Junio 2018].

[13] SCAME, «"Prensacables, Tuercas-tapones-manguitos-juntas de estanqueidad, Brida autoqueante y accesorios, Ganchos, con muelle y tacos, Funda para cables, Grapas y clavos sujetacables, Perfil metálico DIN",» de *"ACCESORIO PARA CABLEADO E INSTALACIONES"*, Roma, SCAME Electrical Solutions, 2014, pp. 439-453.

[14] I. E. D. N. (INEN), "NORMA TÉCNICA NTE INEN 1323:2009 VEHÍCULOS AUTOMORES, CARROCERIAS DE BUSES, REQUISITOS", Guayaquil: INEN, 2009.

[15] A. N. S. Institute, "PROGRESS REPORT STANDARIZATION ROADMAP FOR ELECTRIC VEHICLES V 2.0", Washington: ANSI - EVSP, 2014.

[16] D. Alban, «UNIOVI,» Tecnisupport, 11 Noviembre 2015. [En línea]. Available: http://isa.uniovi.es/docencia/IngdeAutom/transparencias/Normas%20de%20Representacion.pdf. [Último acceso: 29 Junio 2018].

[17] J. Pérez y Y. Walteros, "SISTEMA DE GESTIÓN DE CARGA PARA BATERÍAS DE ION-LITIO", Bogotá: PONTIFICA UNIVERSIDAD JAVERIANA, FACULTAD DE INGENIERÍA, DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, 2016.

[18] V. Prajapati, H. Hess y E. William, "A LITERATURE REVIEW OF STATE OF CHARGE ESTIMTION TECHNIQUES APPLICABLE TO LITHIUM POLY-CARBON MONOFLOURIDE (LI/CFX)", New Delhi: The india international conference on, 2011.

[19] CALSTART, «"ARTICLE 625, ELECTRIC VEHICLE CHARGING SYSTEM",» *National Electrical Code NEC*, vol. I, nº 15, p. 32, 2008.

[20] D. Paz, SISTEMA DE CONTROL PARA EL MOTOR DEL PROTOTIPO DE UN AUTO ELÉCTRICO BIPLAZA UTA-CIM17, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Carrera de Ingeniería Eléctrica y Comunicaciones, 2018.

[21] C. Lizardo, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA TUBULAR PARA LA CARROCERÍA DEL PROTOTIPO DE UN AUTO ELÉCTRICO BIPLAZA UTA-CIM17", Ambato: Universidad Técinca de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2017.

[22] S. S.A., "PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA", México D.F.: SIEMON, NETWORK CABLING SOLUTIONS, 2012.

[23] LATINCASA, "SELECCIÓN DEL CALIBRE DE UN CONDUCTOR ELÉCTRICO EN TUBERÍA", México DF: LATINCASA, 2008.

[24] FORD, "DIAGRAMAS DE CABLEADO FOCUS", Madrid: FORD S.A., 2011.

[25] G. SEDA, «POLÍMEROS PET; PET POLYMERS,» *Unidad de Negocio Químico-Plástico*, vol. IV, nº 3, pp. 18-27, 2012.

2. Planos

3. Anexos

Anexo A. Propiedades de los Metales a 20 °C **[9]**

	COBRE (Temple Suave)	ALUMINIO (1350 H-19)	PLOMO	ACERO
Coeficiente de Temperatura por °C a 20°C	0.00393	0.00403	0.0039	0.0056
Conductividad Eléctrico (IACS) %	100	61	-	-
Conductividad Térmica cal/m^3	0.93	0.52	0.083	0.11
Resistividad Volumétrica a 20°C, ohm*mm^2/m	0.017241	0.028265	-	-
Resistividad Eléctrica (ohm, en 304.8m a 20°C)	10.371	17	132.31	72.17
Esfuerzo de Tensión, Temple duro, kg/cm^2	3.87	1820	-	-
Esfuerzo de Tensión, Temple suave, kg/cm^2	2.25	845	-	-
Módulo de Elasticidad, kg/cm^2	1200000	702000	-	2030000
Resistencia Limite de Fluencia, kg/cm^2	560	350	-	-

Anexo B. Comparación de aislantes **[16]**

AISLANTES/PROPIEDADES	TENSIONES DE TRABAJO (Voltios)	CONSTANTE DIELÉCTRICA A 60 Hz (Kv/mm)	CONSTANTE DIELÉCTRICA A 1 MH (Kv/mm)	Máxima temperatura del conductor en cortocircuito (°C)
HULE NATURAL	600	2.85	2.54	200
HULE SBR o GRS	2000	3.2	3	350
HULE BUTILO	35000	3.2	3	250
POLICLOROPENO (NEOPRENO)	600	7.22	6.9	105
POLIETILENO CLOROSULFONADO	600	7.8	5.3	105
POLICLORURO DE VINILO (PVC)	600	4	3.4	160
POLIETILENO	1000	50	47	250
ETILENO PROPILENO (EPR o EP)	20000	58	52	120

Anexo C. Características Principales Ganchos de Sujeción **[13]**

Características	**Valor**	**Unidad**
Material	PA. 6.6.	-
Carga de Deformación	58	N/mm^2
Alargamiento Hasta lo Rotura	200	%
Densidad	1.14	gr/cm^3
Absorción de Agua	1% (23°C)	-
Temperatura de Utilización	-40 a 84	°C
Comportamiento al Fuego	UL 94 V2	-
Punto de Fusión	256 – 260	°C

Anexo D. Características de los Ganchos Auto Ajustables **[13]**

Características	Valor	Unidad
Material	PA. 12	-
Carga de Deformación	23.5	N/mm^2
Alargamiento de Deformación	25	%
Carga de Rotura	60	N/mm^2
Alargamiento hasta la Rotura	370	%
Densidad	1.03	gr/cm^3
Absorción de Agua	0.9% (20°C y 65% rF) 1.7% (20°C y 100% rF)	
Temperatura de Instalación	-30 a 60	°C
Temperatura de Utilización	-60 a 80	°C
Comportamiento al Fuego	UL 94 HB	-
Punto de Fusión	174 - 177	°C

Anexo E. Código de Colores en Cables Eléctricos **[16]**

Color	Tipo de Circuito
Azul Claro	Neutros de circuitos de potencia
Negro	Conductores activos de circuitos de potencia en corriente continua o corriente alterna
Rojo	Circuitos de mando en corriente alterna
Azul	Circuitos de mando en corriente continua
Naranja	Circuitos de enclavamiento de mando alimentados desde una fuente externa de energía
Amarillo/Verde	Conexiones de protección (Tierra)

Anexo F. Tipos de Polímero PET **[25]**

PROPIEDADES MECÁNICAS	IMPRESIÓN 3D	
	VALOR TÍPICO	MÉTODO DE ENSAYO
Módulo de Elasticidad a la Tracción	2346.5 MPa	ISO 527 (1 mm/min)
Esfuerzo de Tracción a la Deformación	45.9 Mpa	ISO 527 (50 mm/min)
Esfuerzo de Tracción a la Rotura	45.6 Mpa	ISO 527 (50 mm/min)
Alargamiento a la Deformación	3.30%	ISO 527 (50 mm/min)
Alargamiento a la Rotura	5.20%	ISO 527 (50 mm/min)
Resistencia a la Flexión	103 Mpa	ISO 178
Módulo de Flexión	3150 Mpa	ISO 178
Resistencia a la prueba de impacto Izod, con mella a 23°C	5.1 KJ/m2	ISO 180
Dureza	83 (Shore D)	DURÓMETRO

Anexo G. Cálculo de Corriente Nominal **[23]**

Conociendo	C.C.	C.A. 1ϕ	C.A. 3ϕ
CP (HP)	$\frac{HPx746}{Vx\eta}$	$\frac{HPx746}{Vx\eta xf_p}$	$\frac{HPx746}{\sqrt{3xVx\eta xf_p}}$
Kw	$\frac{kWx1000}{V}$	$\frac{kWx1000}{Vxf_p}$	$\frac{kWx1000}{\sqrt{3xVxf_p}}$

Anexo H. Selección del calibre de conducción AWG estableciendo la corriente de trabajo bajo su temperatura nominal. **[23]**

Calibre AWG o kcmil	Área de la sección transversal nominal mm²	Temperatura nominal del conductor					
		60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
		TW TWD CCE	THW, RHW THW-LS THWN XHHW	RHH, RHW-2 THHN, THW-2 THHW-LS, XHHW-2	UF	RHW XHHW	RHW-2 XHHW XHHW-2 DRS
			Cobre		Aluminio		
14	2,08	20*	20*	25*	-	-	-
12	3,31	25*	25*	30*	-	-	-
10	5,26	30	35*	40*	-	-	-
8	8,37	40	50	55	-	-	-
6	13,3	55	65	75	40	50	60
4	21,2	70	85	95	55	65	75
2	33,6	95	115	130	75	90	100
1/0	53,5	125	150	170	100	120	135
2/0	67,4	145	175	195	115	135	150
3/0	85,0	165	200	225	130	155	175
4/0	107	195	230	260	150	180	205
250	127	215	255	290	170	205	230
300	152	240	285	320	190	230	255
350	177	260	310	350	210	250	280
400	203	280	335	380	225	270	305
500	253	320	380	430	260	310	350
600	304	355	420	475	285	340	385
750	380	400	475	535	320	385	435
1000	507	455	545	615	375	445	500

No. De piez.	Denominación	No. De Normal/ dibujo	Material	No. de orden	No. Del Modelo/semiproducto	Peso Kg/pieza	Observaciones
2	Trial de 5V			21		0.0244	
2	Mini Relé			20		0.0178	
1	Pantalla de Control de Faros			19		0.5	
1	Pulsador de Alimentación			18		0.275	
1	Pulsador de Reversa			17		0.178	
1	Radio			16		1.374	
1	Switch de Encendido			15		0.769	
1	Visualizar de Nivel de Carga			14		0.37	
1	Pantalla de Visualización			13		0.5	
2	Arduino			12		0.25	
2	Faros Delanteros			11		0.651	
1	Potenciómetro			10		0.127	
8	Baterías de Litio			9		23.57	
2	Parlantes			8		0.769	
1	Motor de Corriente Continua			7		5.43	
2	Faros Posteriores			6		0.758	
1	Contactor			5		0.197	
1	Controlador			4		3.3	
1	Fusible de Alta Tensión			3		0.106	
2	Breaker de Cierre			2		0.275	
1	Motor de Plumas			1		7.09	

Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:

Tolerancia: -

Peso: -

Material: VARIOS

	FECHA	NOMBRE
DIBUJÓ:	04/06/2018	ESCOBAR VÍCTOR
REVISÓ:	04/06/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO
APROBÓ:	04/06/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO

U.T.A.

INGENIERÍA MECÁNICA

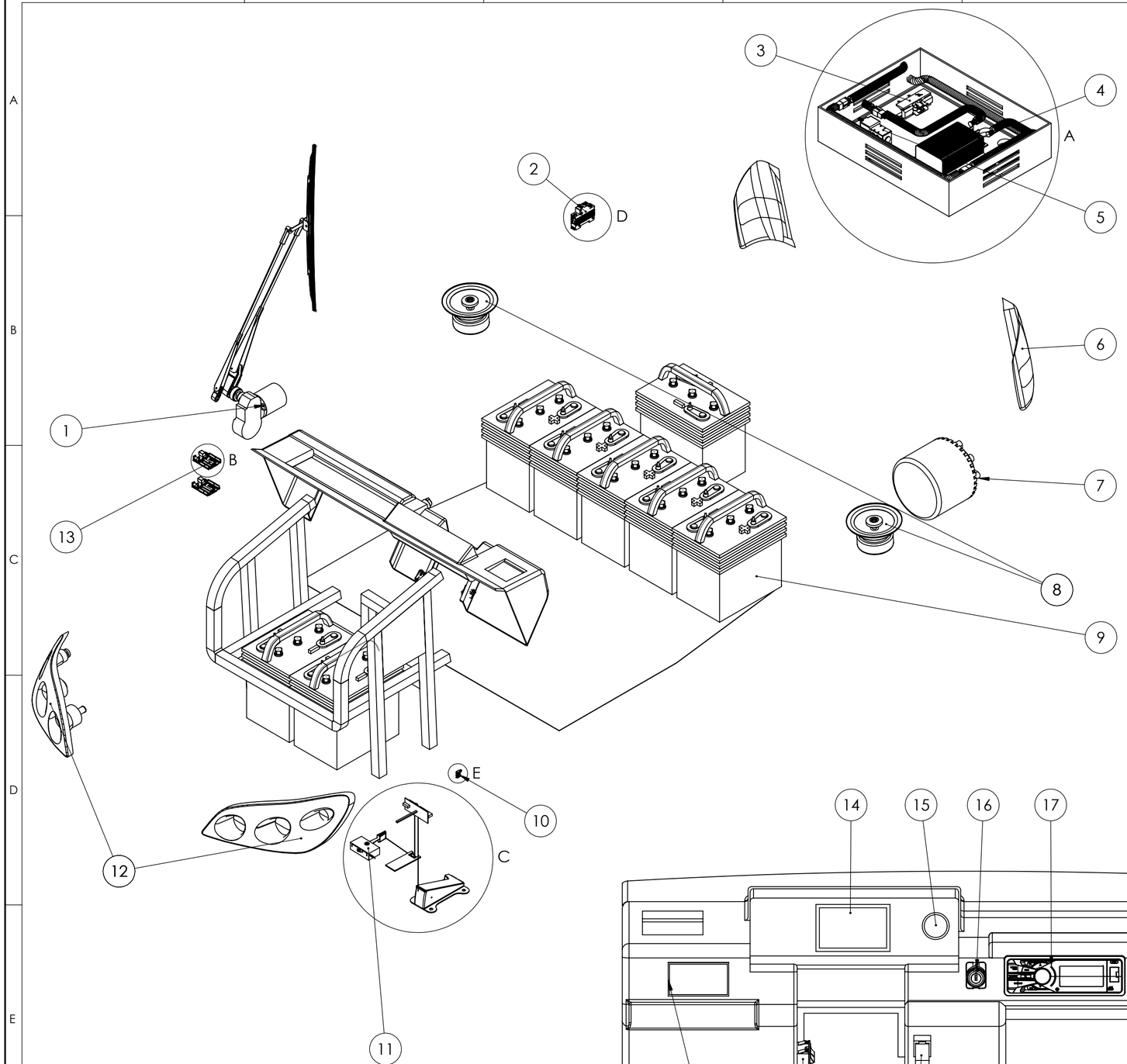
Título: ACCESORIO ELÉCTRICOS CIM 17

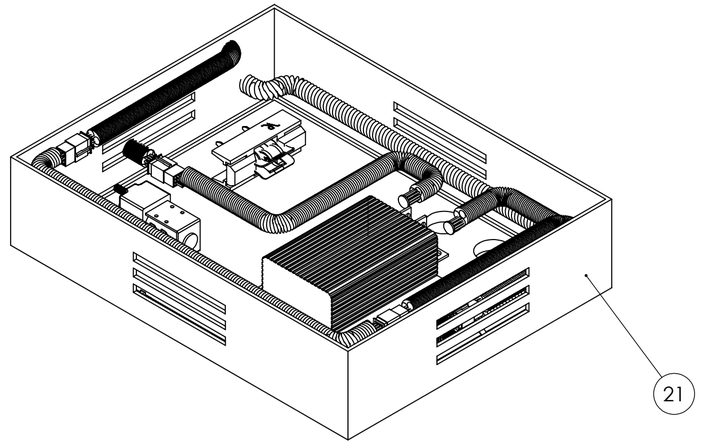
Escala: 1:10

N.° De Lámina: HOJA 01 DE 30

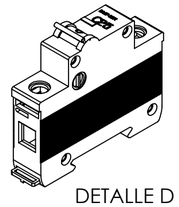
Sustitucíon:

Registro :

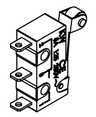




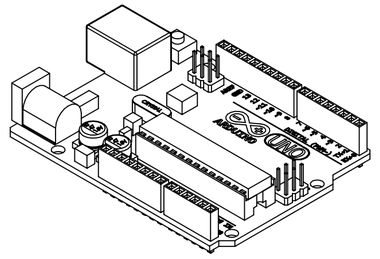
DETALLE A
ESCALA 1 : 5



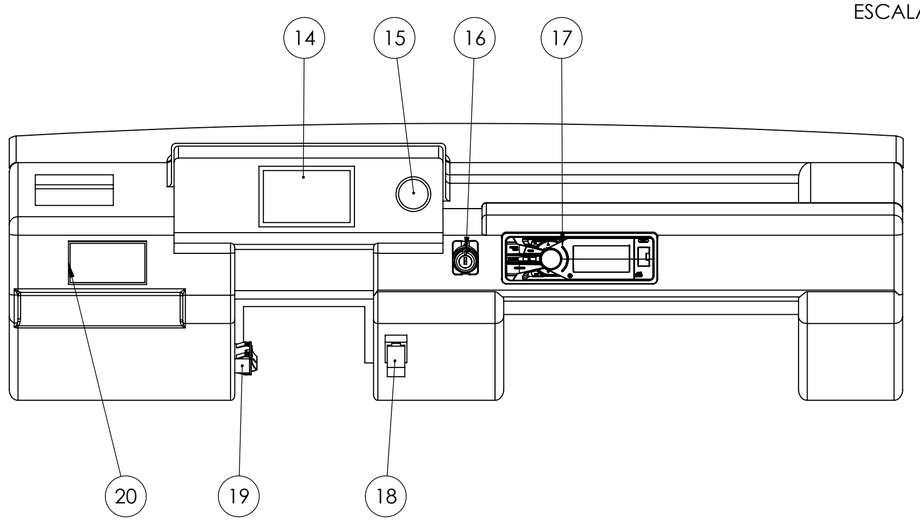
DETALLE D
ESCALA 1 : 2

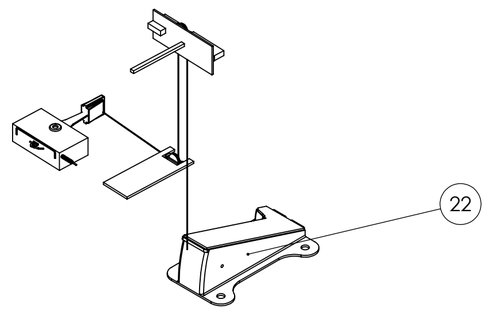


DETALLE E
ESCALA 1 : 1



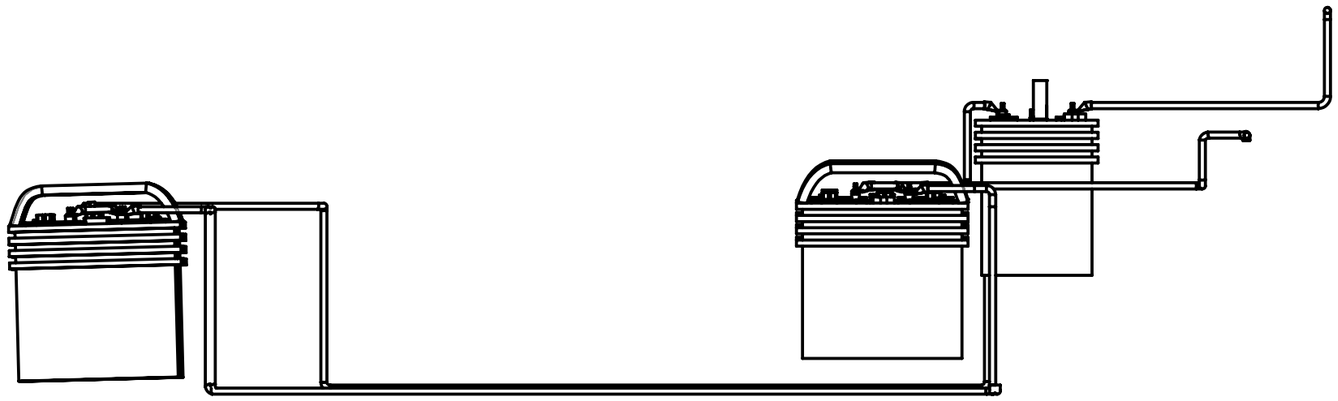
DETALLE B
ESCALA 1 : 1

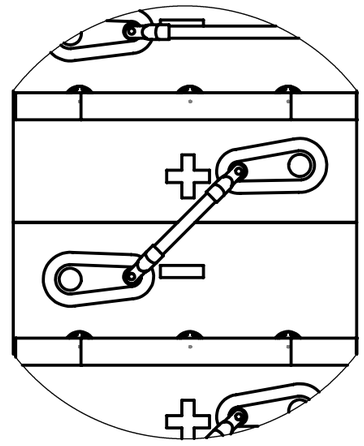




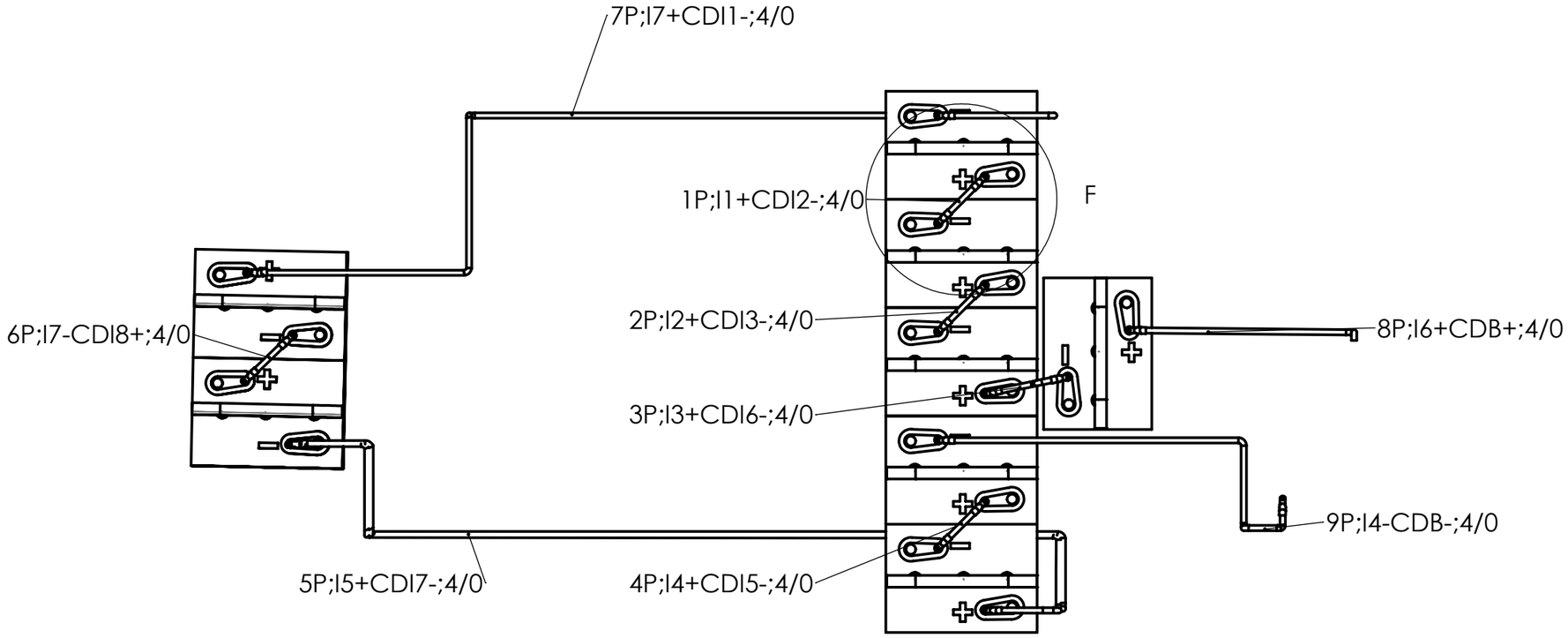
DETALLE C
ESCALA 1 : 5

				Tolerancia: ±2	Peso: 214.14 Kg	Material: VARIOS	
					FECHA / NOMBRE	Título: SISTEMA ELÉCTRICO CIM 17	Escala: 1:10
				DIBUJÓ:	04/06/2018 VÍCTOR ESCOBAR		
				REVISÓ:	05/06/2018 ING. ANDRÉS HIDALGO		
				APROBÓ:	05/06/2018 ING. ANDRÉS HIDALGO		
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º De Lámina HOJA 02 DE 30	Registro:
						Sustitución:	

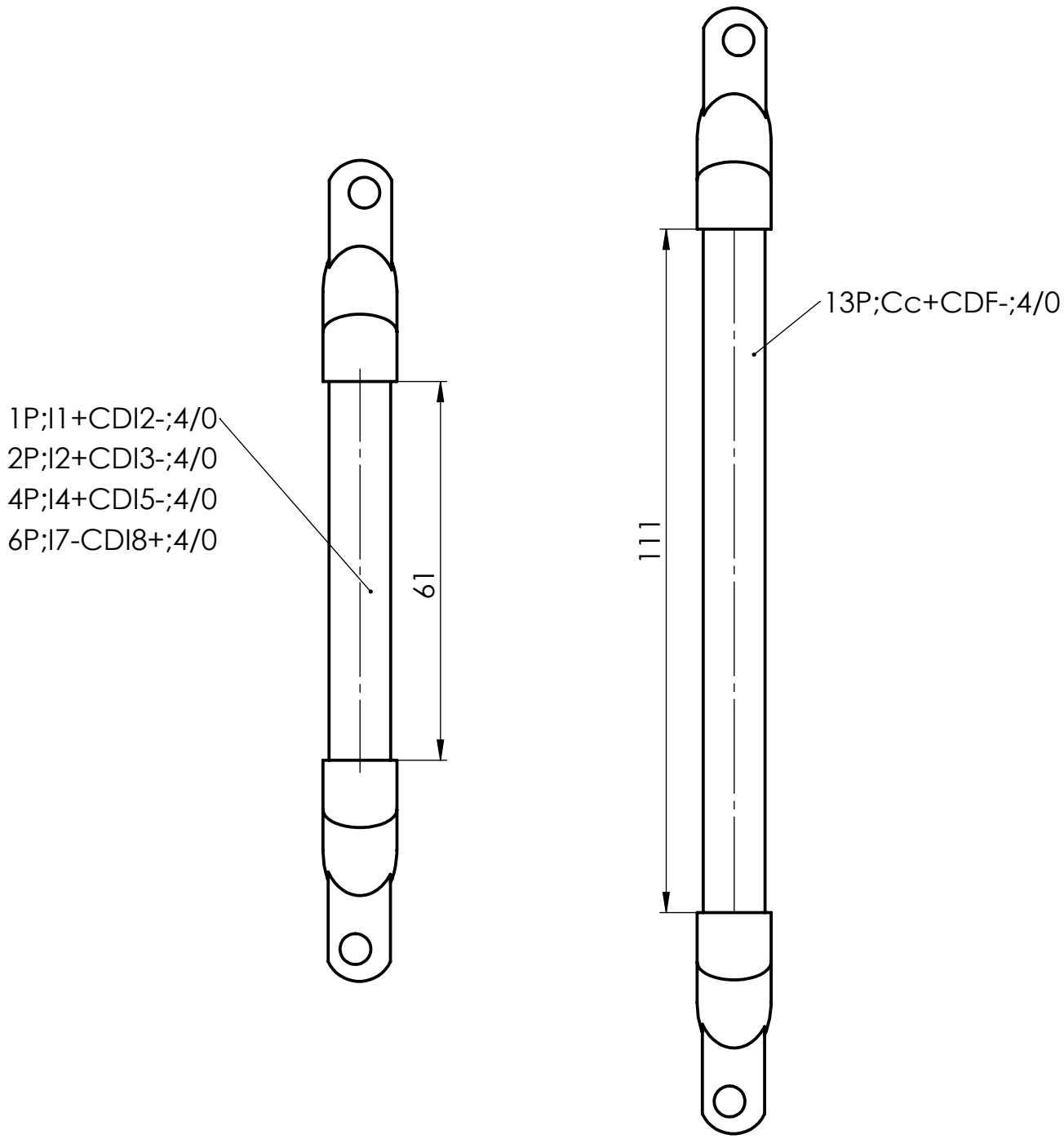




DETALLE F
ESCALA 1 : 5

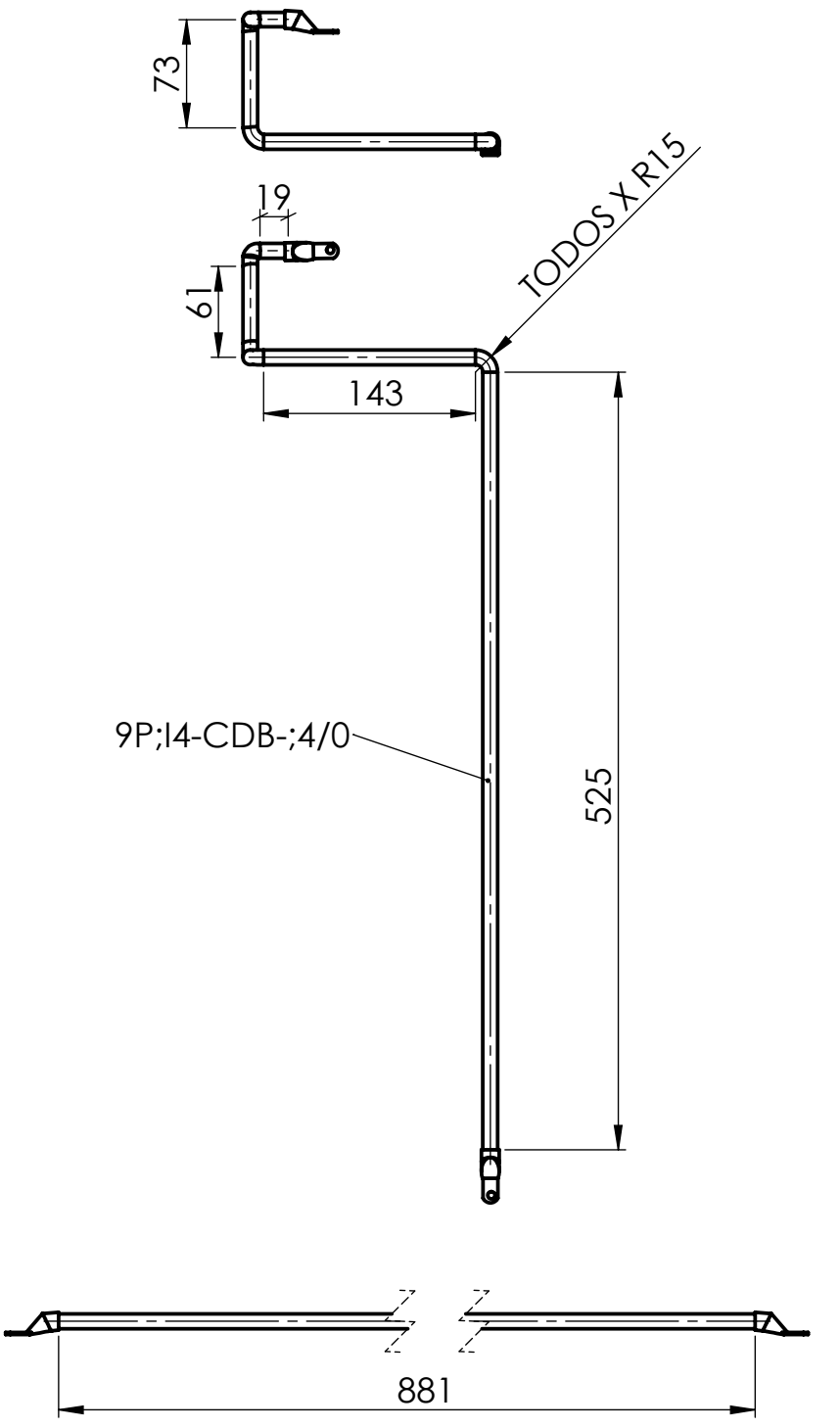


				Tolerancia: ±2	Peso: 101.68 Kg	Material: VARIOS	
					FECHA	NOMBRE	Título: CONEXIÓN ENTRE BATERÍAS
				DIBUJÓ:	06/07/2018	ESCOBAR VÍCTOR	Escala: 1:10
				REVISÓ:	06/07/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	
				APROBÓ:	06/07/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA			N.º De Lámina HOJA 03 DE 30
							Sustitución:
							Registro:



				Tolerancia: ±0.3	Peso: 69.34 gr	Material: VARIOS
					FECHA / NOMBRE	Título: ESPECIFICACIONES DE CABLES DE POTENCIA
				DIBUJÓ:	18/09/2018 VICTOR ESCOBAR	Escala: 1:1
				REVISÓ:	18/09/2018 ING. ANDRÉS HIDALGO	
				APROBÓ:	18/09/2018 ING. ANDRÉS HIDALGO	
				U.T.A.		N.° De Lámina: HOJA 04 DE 30
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	INGENIERÍA MECÁNICA		Sustitucíon:

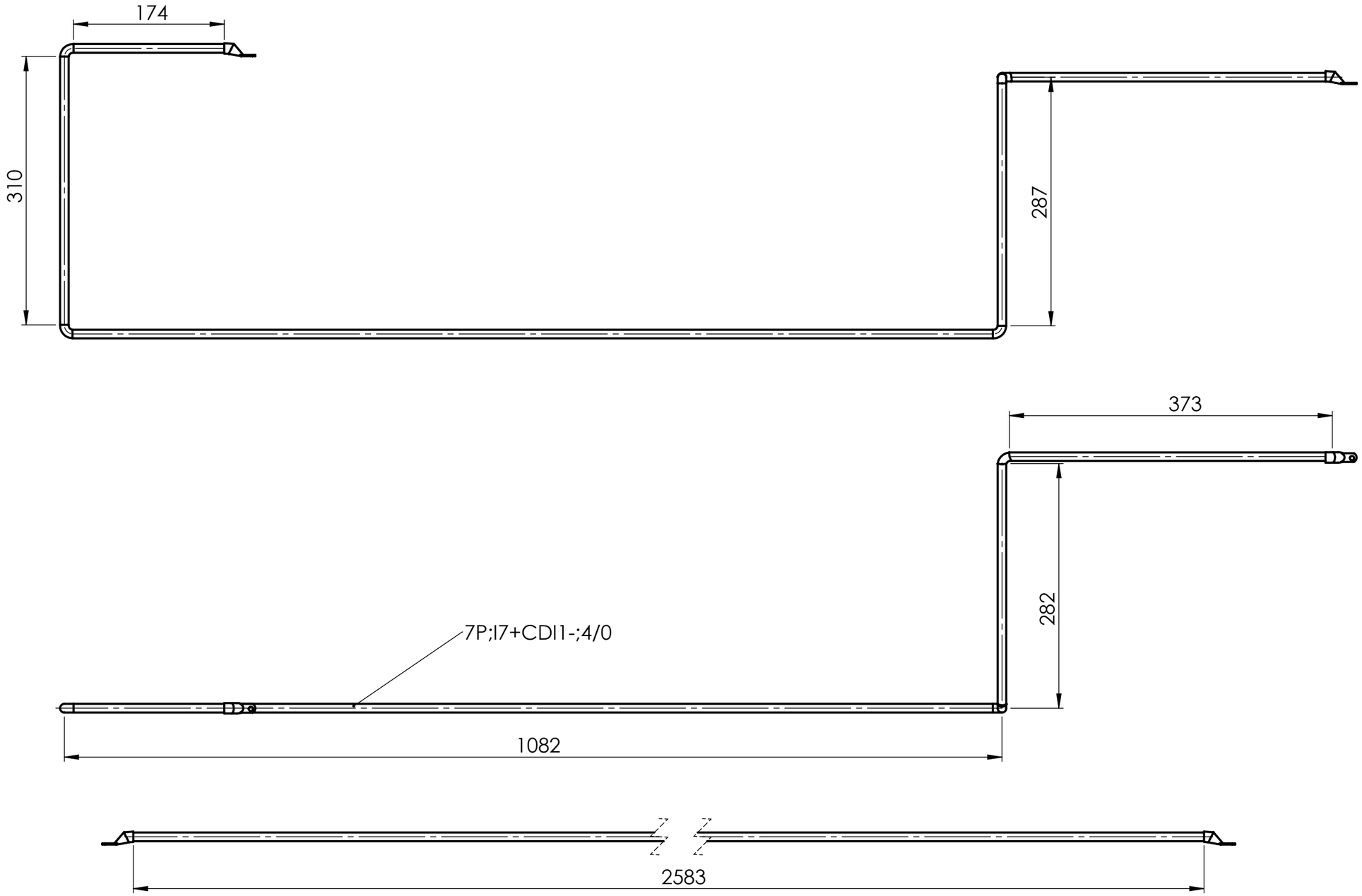
Registro :



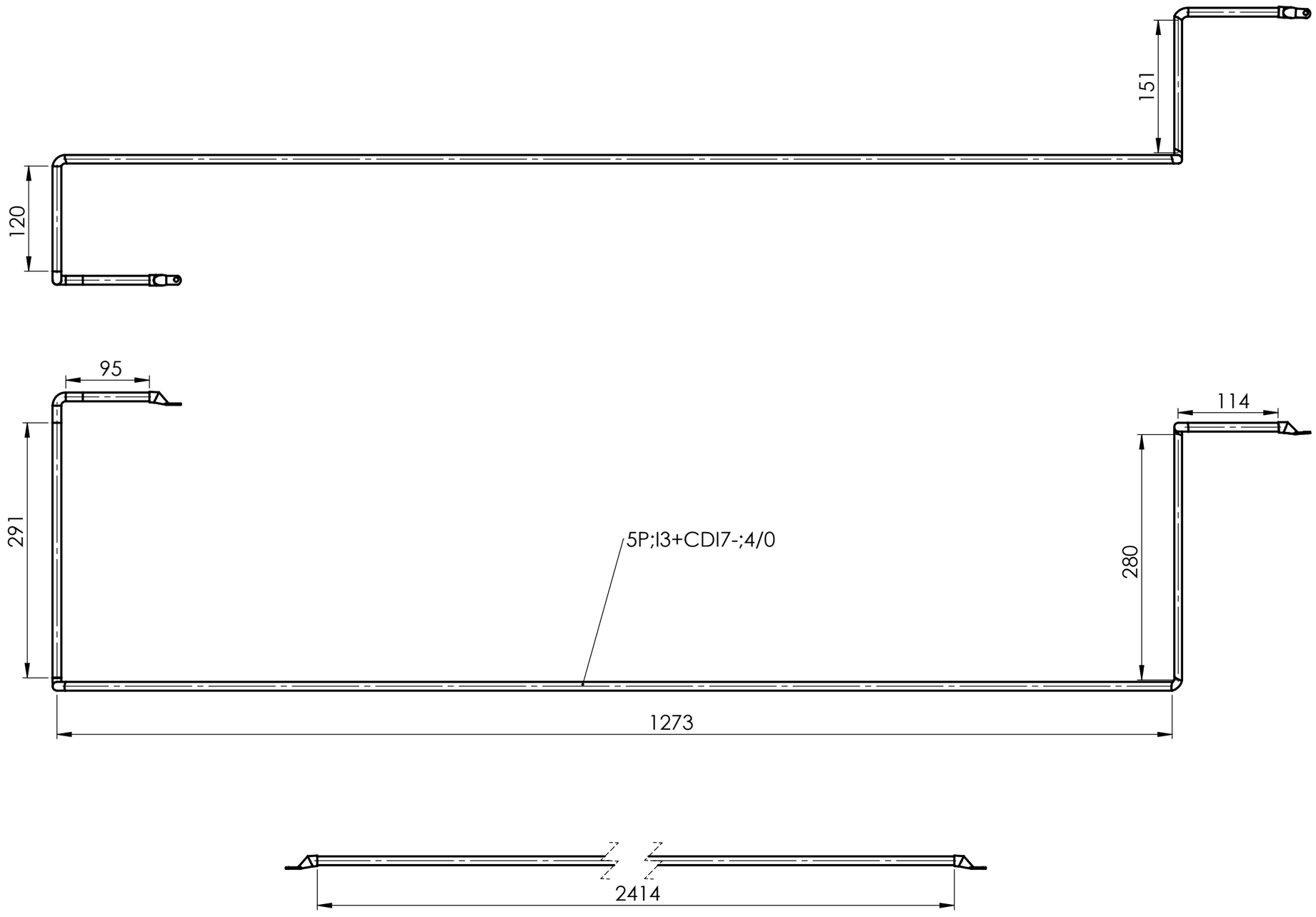
				Tolerancia: ±0.5	Peso: 95.43gr	Material: VARIOS
					FECHA	NOMBRE
				DIBUJÓ:	18/09/2018	VICTOR ESCOBAR
				REVISÓ:	18/09/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO
				APROBÓ:	18/09/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		Título: ESPECIFICACIONES DE CABLES DE POTENCIA
						N.° De Lámina: HOJA 05 DE 30
						Sustitucíon:

Escala: 1:5

Registro :



Tolerancia: ±1.2		Peso: 230.31 gr		Material: VARIOS		
	FECHA	NOMBRE	Título: ESPECIFICACIONES DE CABLES DE POTENCIA		Escala: 1:5	
DIBUJÓ:	10/10/2018	ESCOBAR VICTOR				
REVISÓ:	10/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO				
APROBÓ:	10/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO				
U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA			N.º De Lámina HOJA 06 DE 30		Registro:	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	Sustitución:		



Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	Tolerancia: ±1.2	Peso: 212.51 gr	Material: VARIOS
					FECHA	NOMBRE
				DIBUJÓ:	10/10/2018	ESCOBAR VICTOR
				REVISÓ:	10/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO
				APROBÓ:	10/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO

U.T.A.
INGENIERÍA MECÁNICA

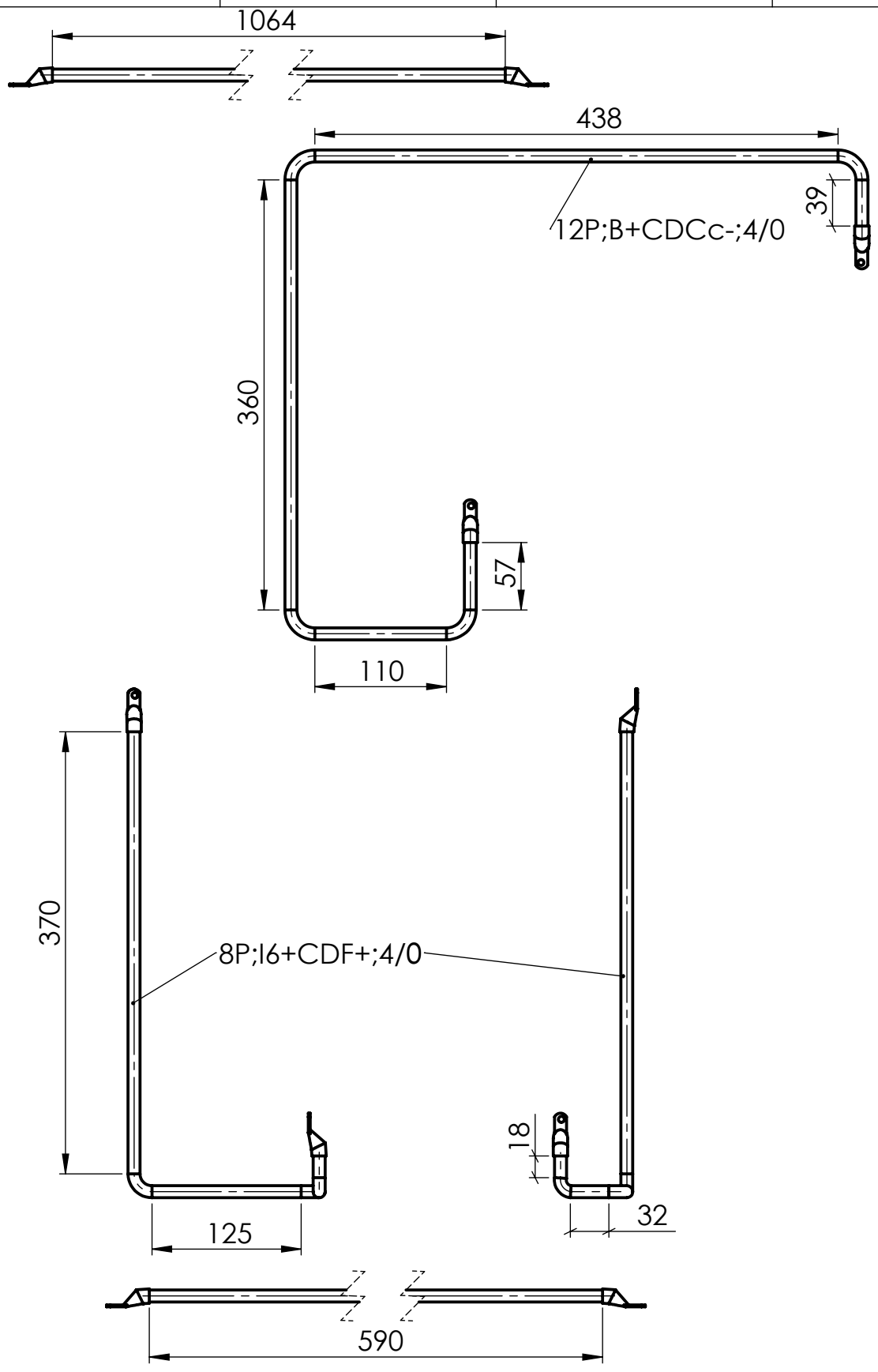
Título: ESPECIFICACIONES DE CABLES DE POTENCIA

Escala: 1:5

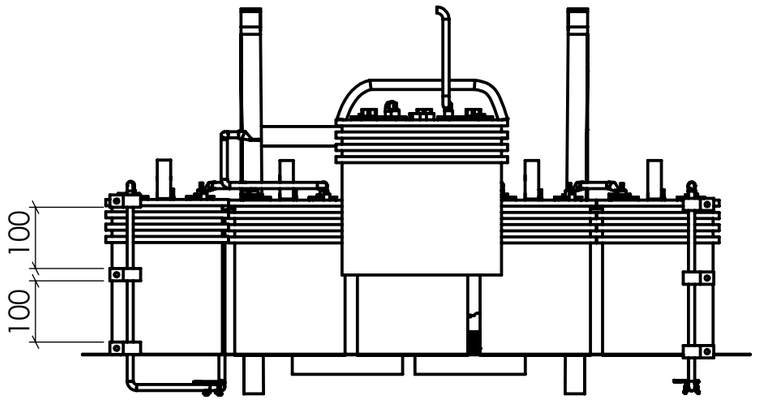
N.º De Lámina: HOJA 07 DE 30

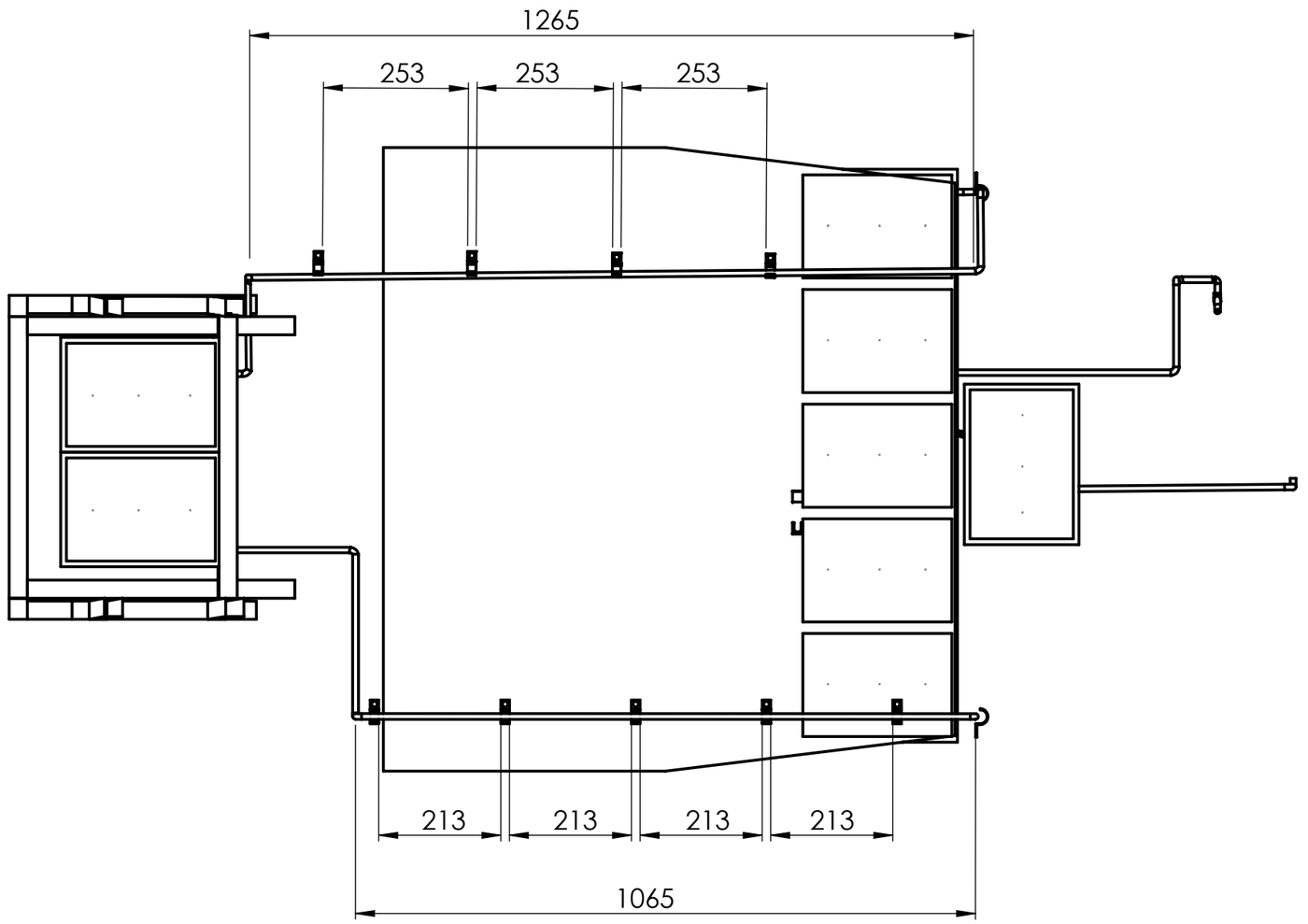
Registro:

Sustitución:

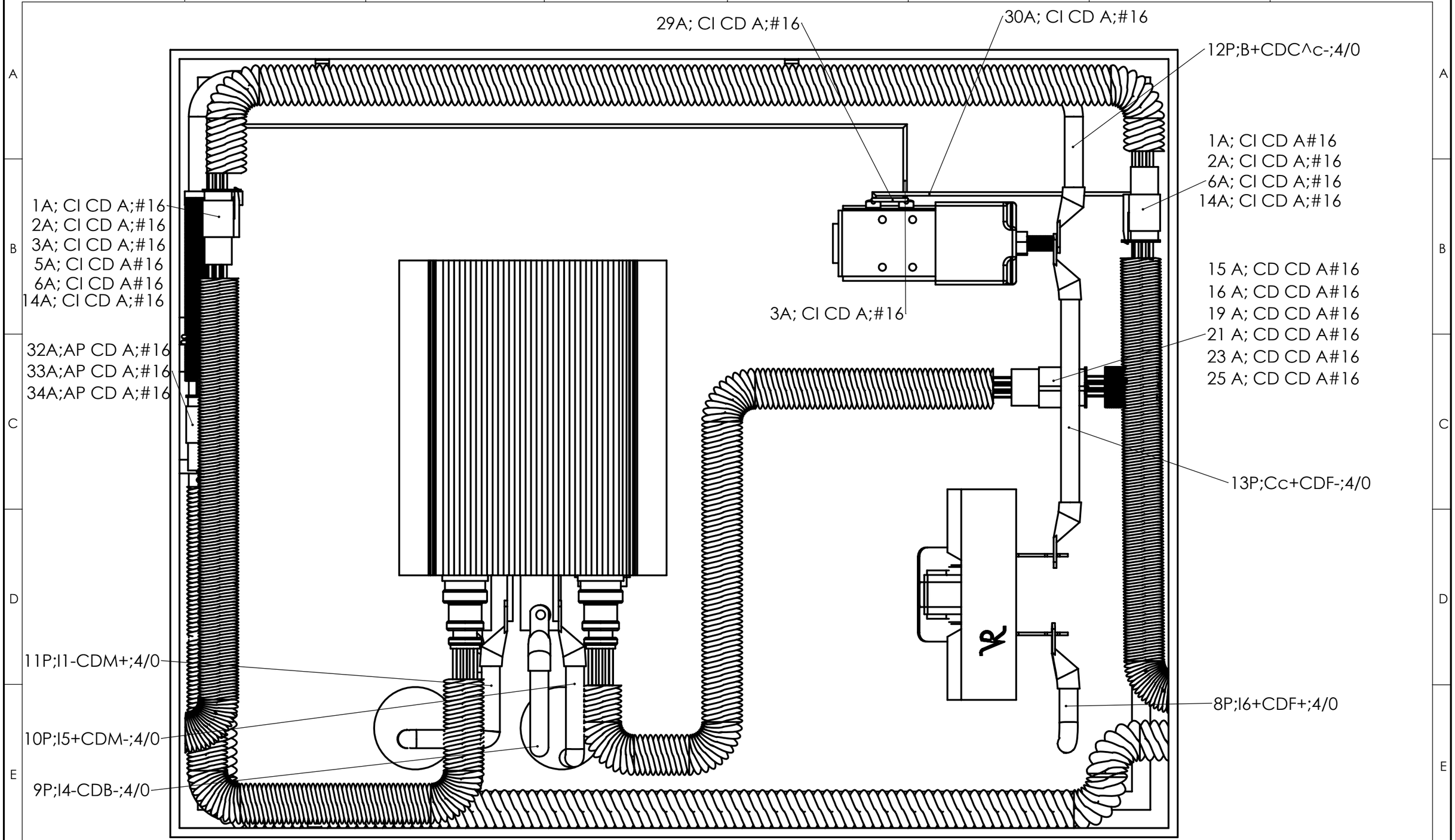


				Tolerancia: ±2	Peso: 1.73 gr	Material: VARIOS
					FECHA	NOMBRE
				DIBUJÓ:	12/10/2018	ESCOBAR VÍCTOR
				REVISÓ:	12/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO
				APROBÓ:	12/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		Título: ESPECIFICACIONES DE CABLES DE POTENCIA
						N.° De Lámina: HOJA 08 DE 30
						Sustitucíon:
						Escala: 1:5
						Registro :

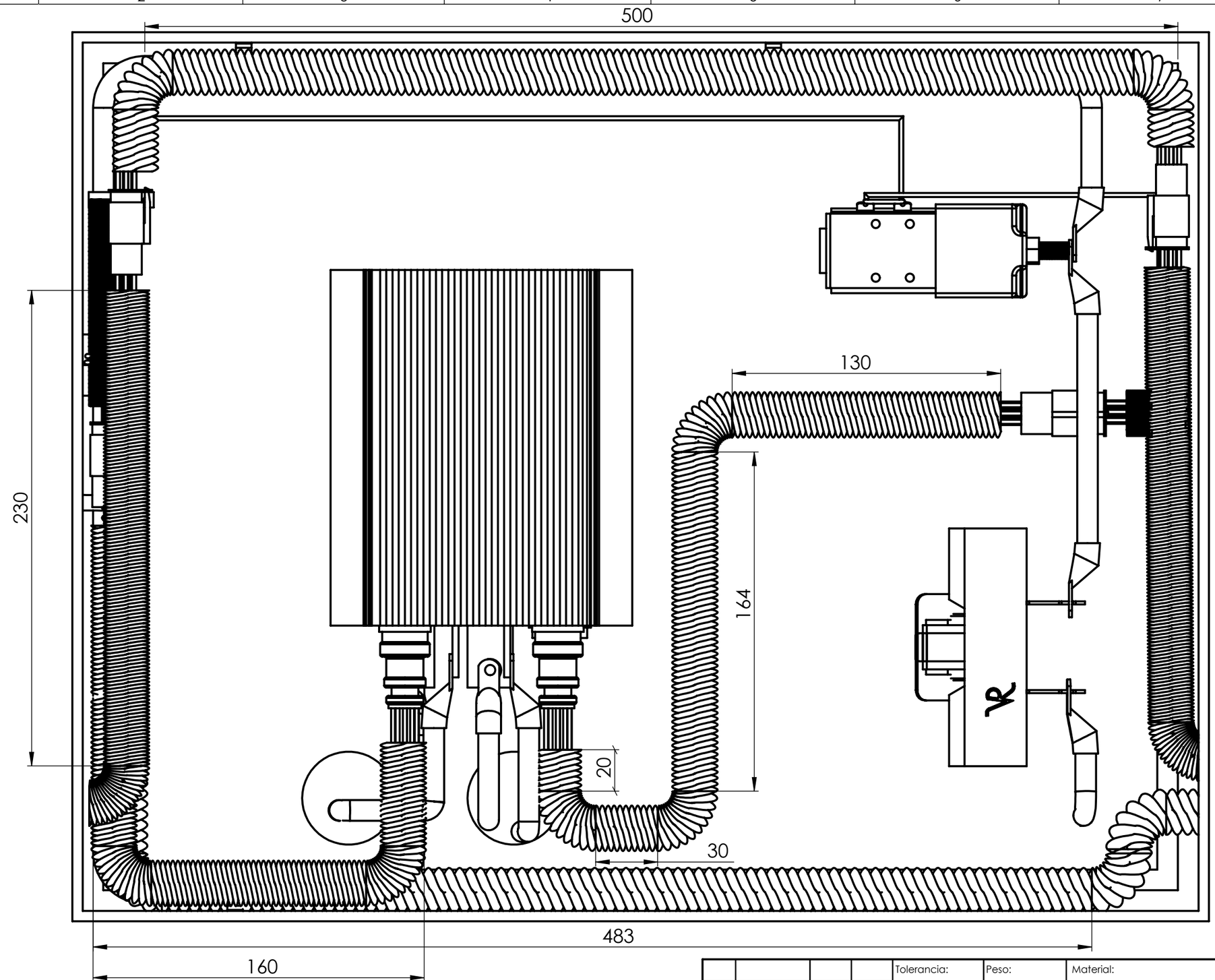




				Tolerancia: ±2	Peso: 104.67 Kg	Material: VARIOS	
					FECHA	NOMBRE	Título: DISTRIBUCIÓN GANCHOS PARA CABLE 0
				DIBUJÓ:	05/11/2018	ESCOBAR VICTOR	Escala: 1:10
				REVISÓ:	05/11/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	
				APROBÓ:	05/11/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA			N.° De Lámina HOJA 09 DE 30
							Registro:
							Sustitución:



				Tolerancia: ±2	Peso: 8.10 Kg	Material: VARIOS	
					FECHA / NOMBRE	Título: CAJA DE CONTROLADOR	Escala: 1:2
				DIBUJÓ:	15/07/2018 ESCOBAR VÍCTOR		
				REVISÓ:	15/07/2018 ING. ANDRÉS HIDALGO		
				APROBÓ:	15/07/2018 ING. ANDRÉS HIDALGO		
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.° De Lámina HOJA 10 DE 30	Registro:
						Sustitución:	



Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	Tolerancia: ±0.8	Peso: 8.10 Kg	Material: VARIOS

	FECHA	NOMBRE
DIBUJÓ:	03/11/2018	ESCOBAR VÍCTOR
REVISÓ:	03/11/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO
APROBÓ:	03/11/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO

U.T.A.
INGENIERÍA MECÁNICA

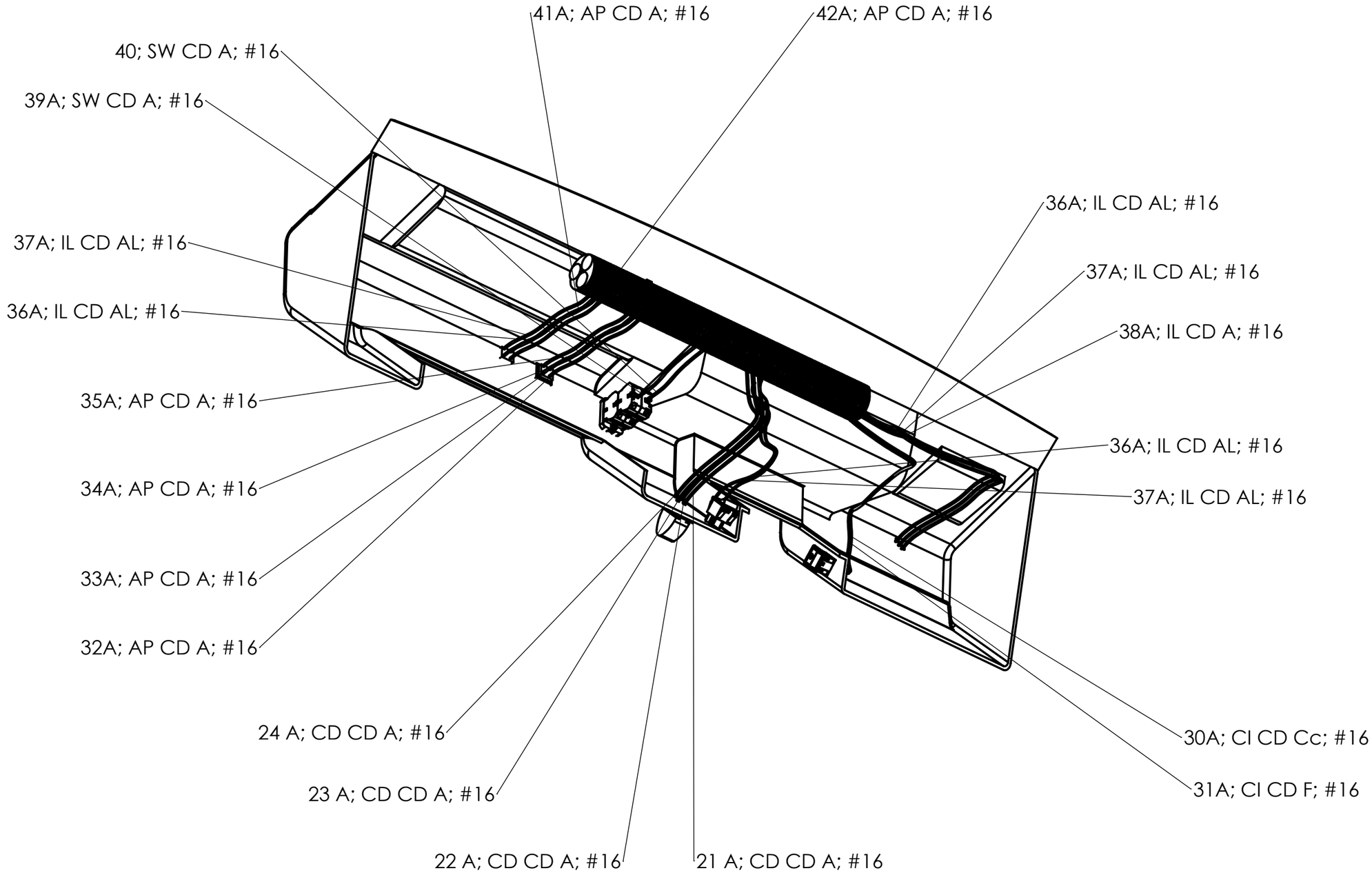
Título: CAJA DE CONTROLADOR DISTANCIAS DE TUBO CORRUGADO

Escala: 1:2

N.º De Lámina: HOJA 11 DE 30

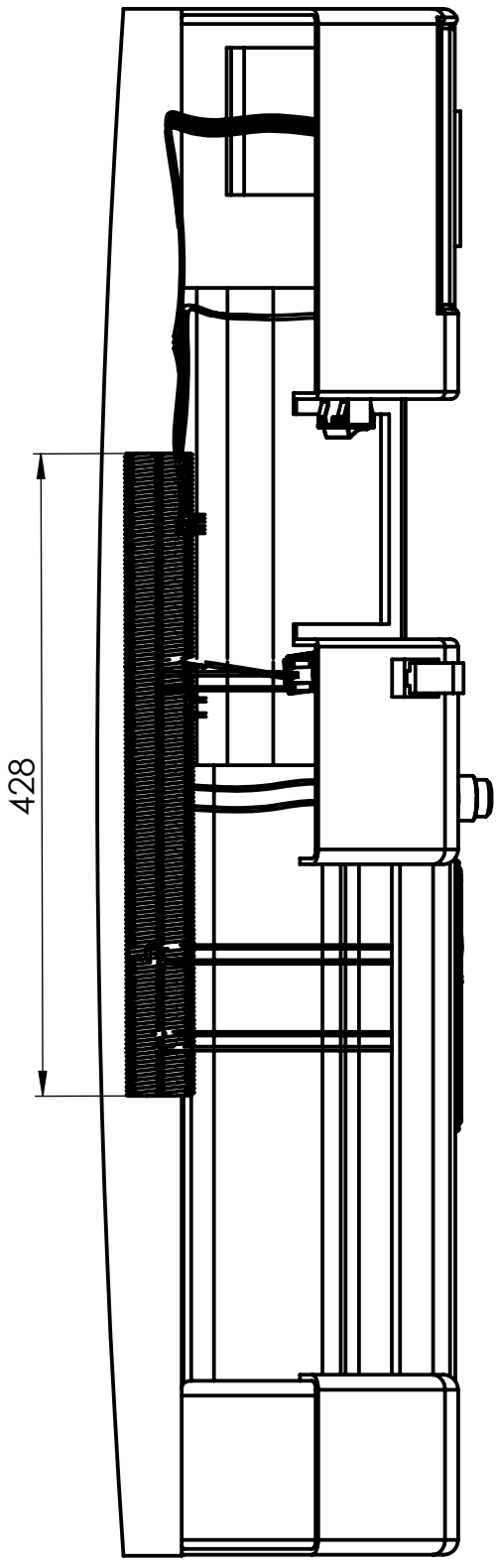
Registro:

Sustitución:



				Tolerancia: ±1.2	Peso: 3.14 Kg	Material: VARIOS	
					FECHA	NOMBRE	Título: TABLERO CON CABLEADO ELÉCTRICO
				DIBUJÓ:	01/09/2018	VICTOR ESCOBAR	
				REVISÓ:	01/09/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	Escala: 1:5
				APROBÓ:	01/09/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	
				U.T.A.			N.° De Lámina HOJA 12 DE 30
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	INGENIERÍA MECÁNICA			Sustitución:

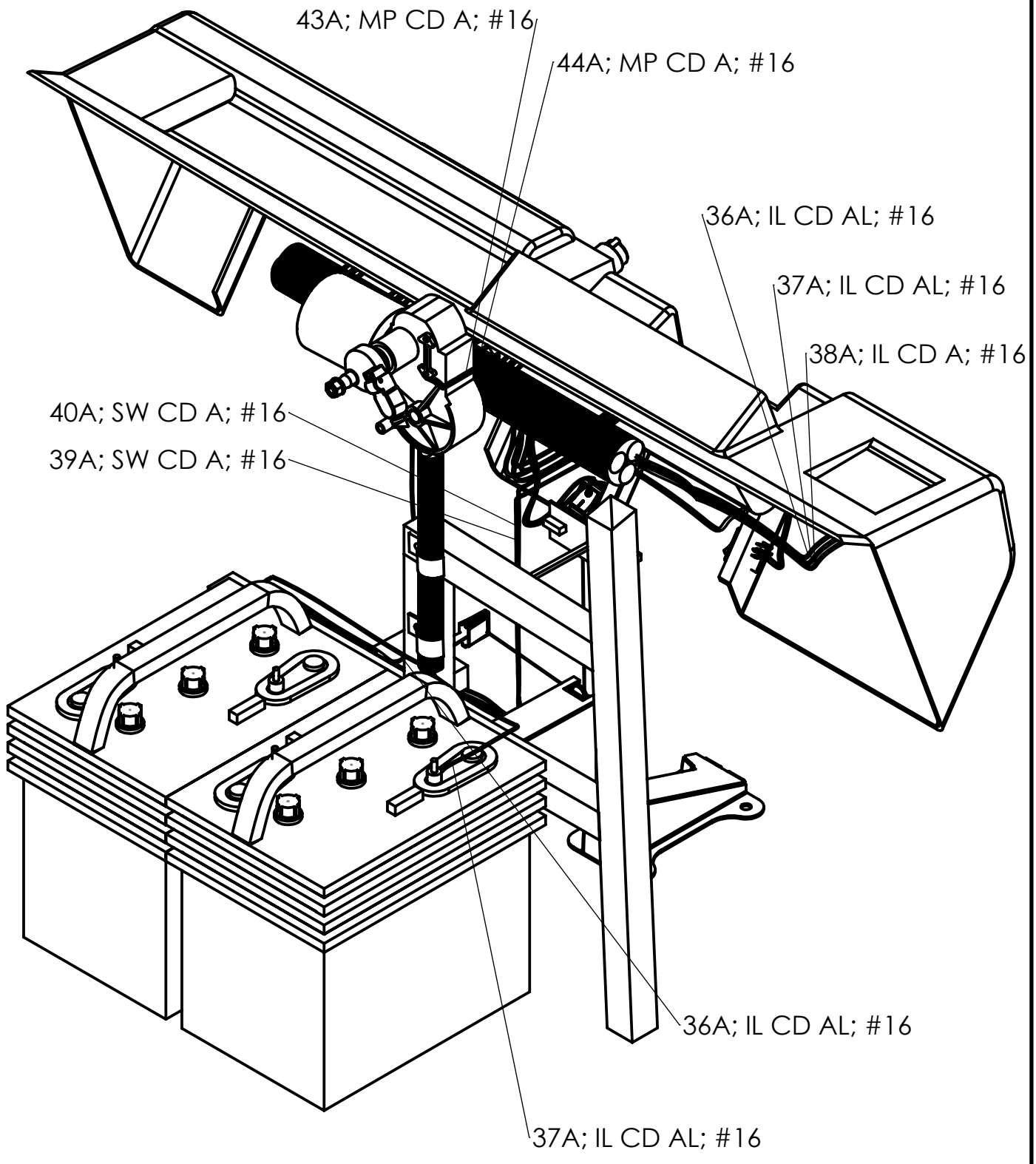
Registro:



				Tolerancia: ±1.2	Peso: 58.34 Kg	Material: VARIOS
					FECHA	NOMBRE
				DIBUJÓ:	01/10/2018	ESCOBAR VÍCTOR
				REVISÓ:	01/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO
				APROBÓ:	01/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		Título: TABLERO CON CONEXIONES
						N.° De Lámina: HOJA 13 DE 30
						Sustitucíon:

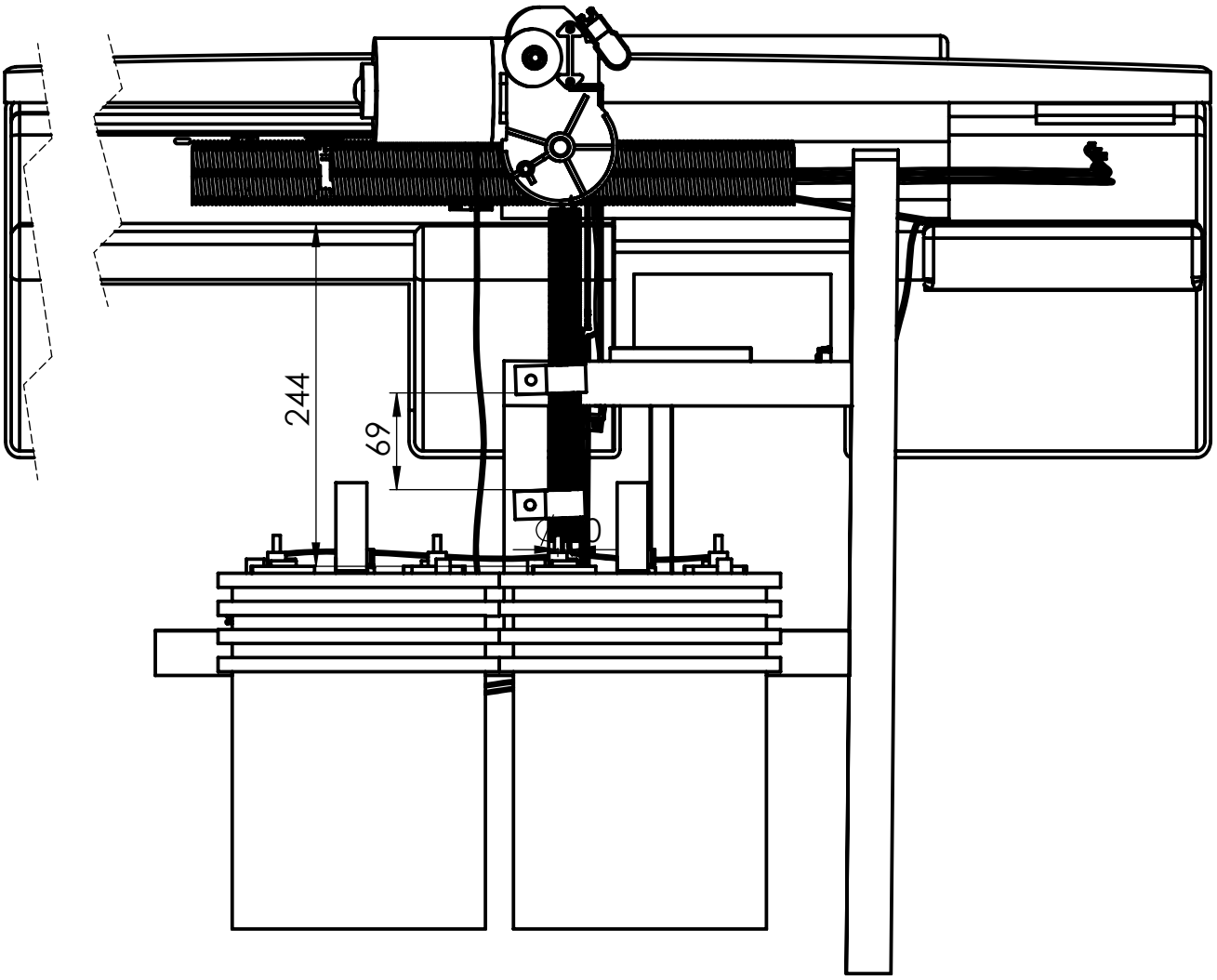
Escala: 1:5

Registro :



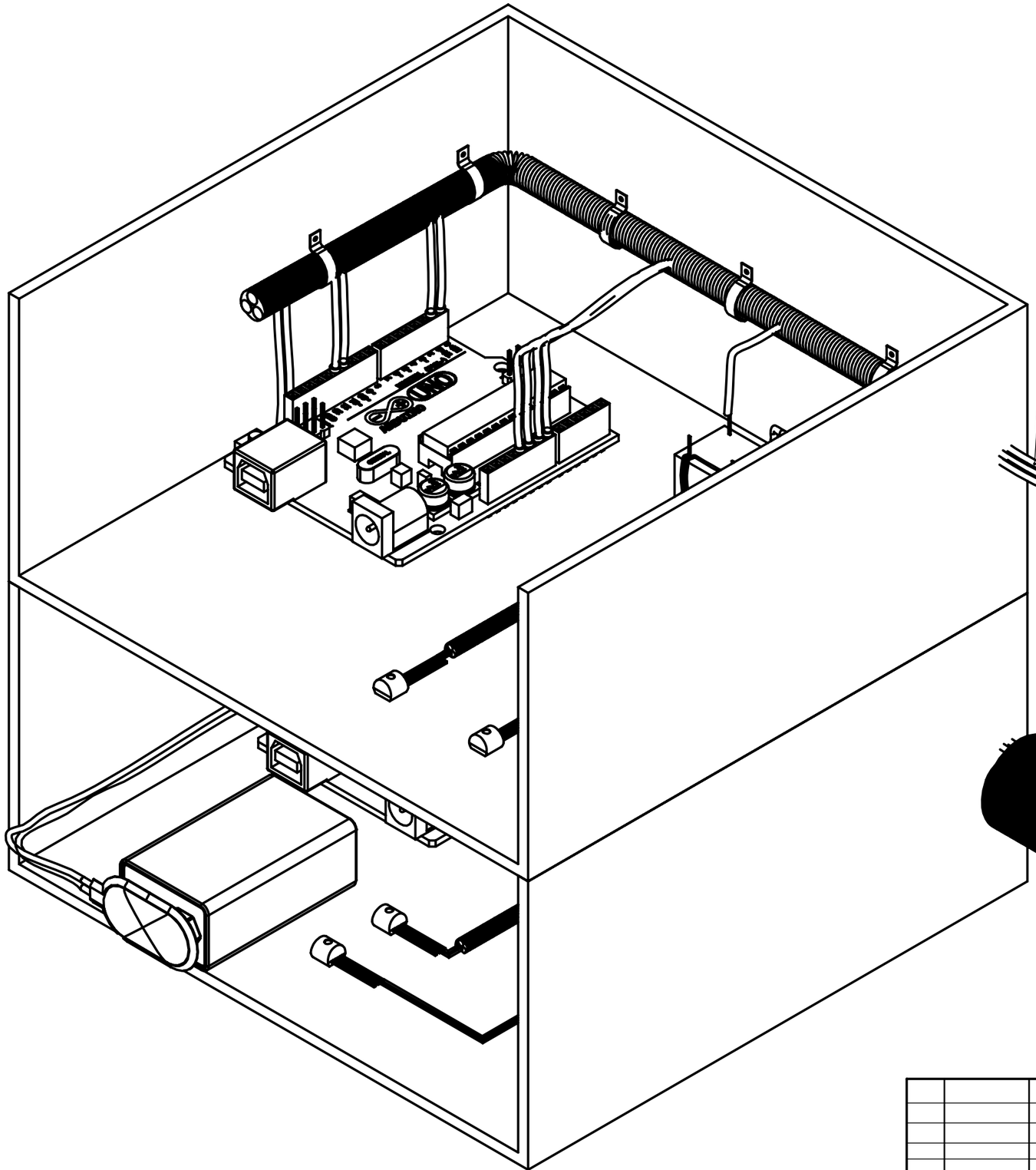
Tolerancia: ±1.2	Peso: 58.34 Kg	Material: VARIOS	
	FECHA	NOMBRE	Título: CONEXIÓN MOTOR DE PLUMAS
DIBUJÓ:	01/10/2018	ESCOBAR VÍCTOR	Escala: 1:5
REVISÓ:	01/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	
APROBÓ:	01/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	
U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA			N.° De Lámina: HOJA 14 DE 30
			Registro :
			Sustitucíon:

Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:

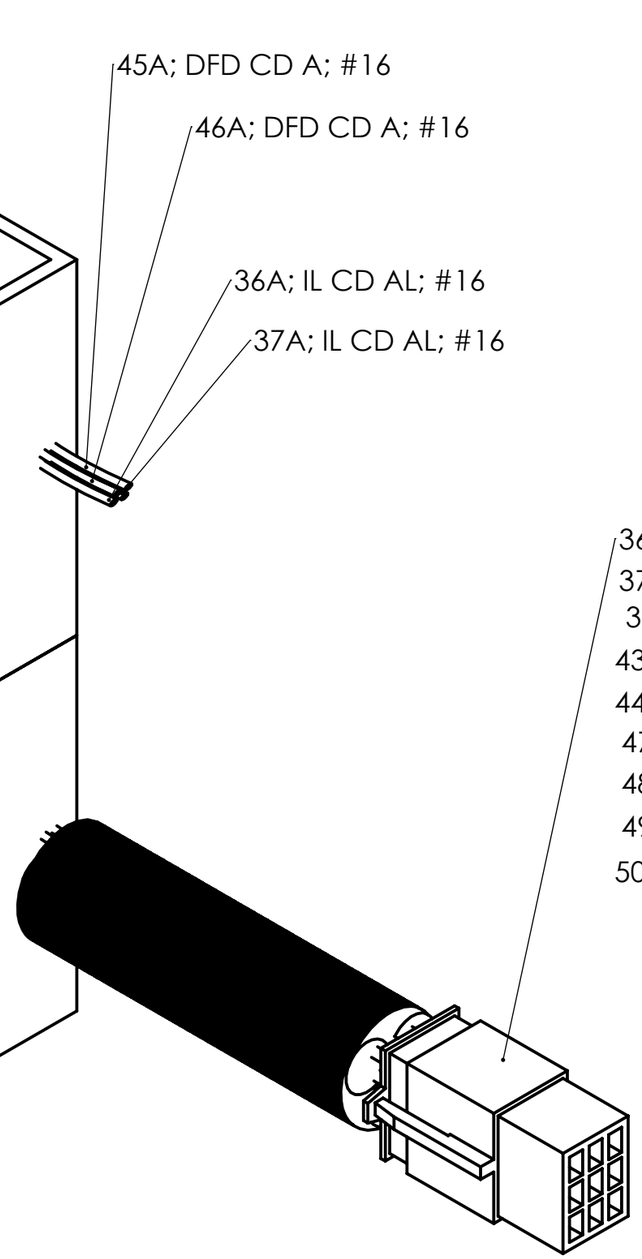


				Tolerancia: ±1.2	Peso: 58.34 Kg	Material: VARIOS	
					FECHA	NOMBRE	Título: CONEXIÓN MOTOR DE PLUMAS
				DIBUJÓ:	01/10/2018	ESCOBAR VÍCTOR	Escala: 1:5
				REVISÓ:	01/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	
				APROBÓ:	01/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	
				U.T.A.			N.° De Lámina: HOJA 15 DE 30
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	INGENIERÍA MECÁNICA			Sustitucíon:

Registro :

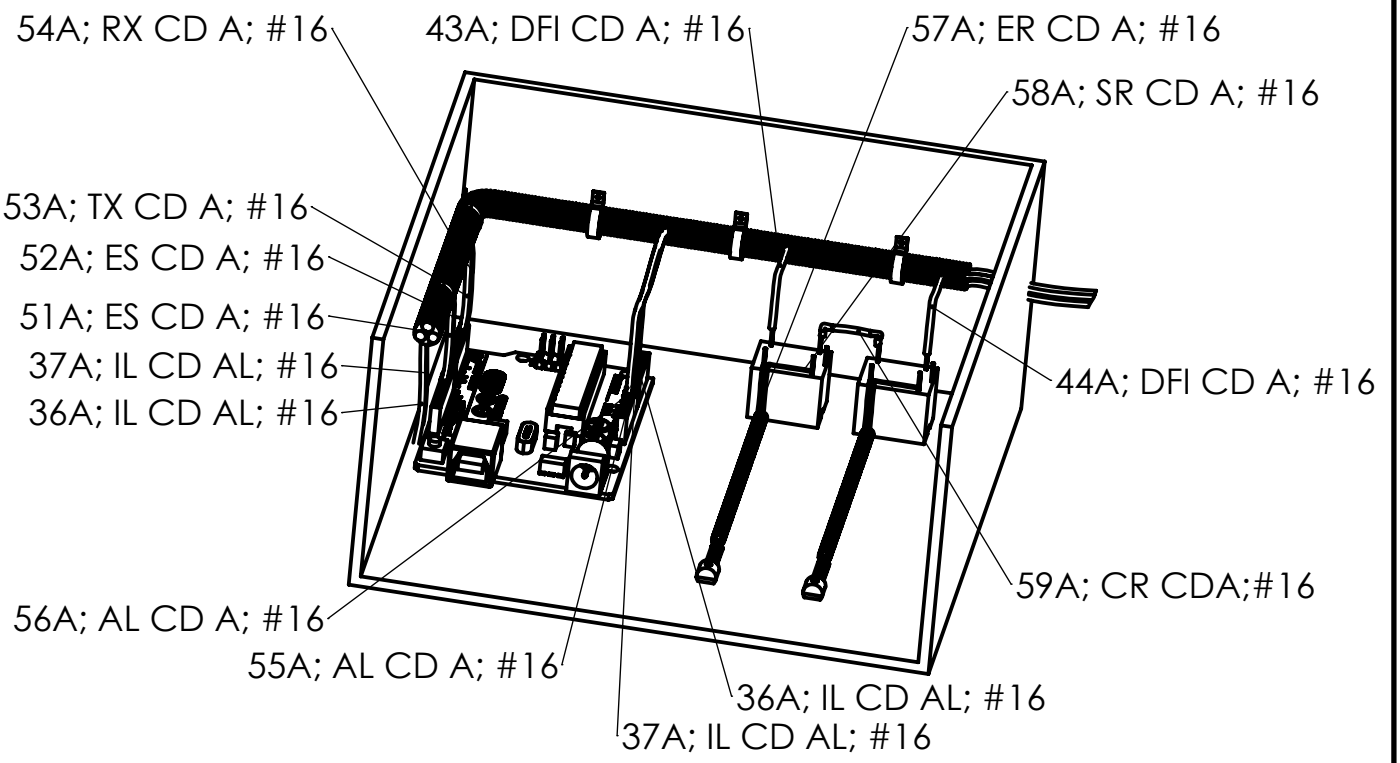


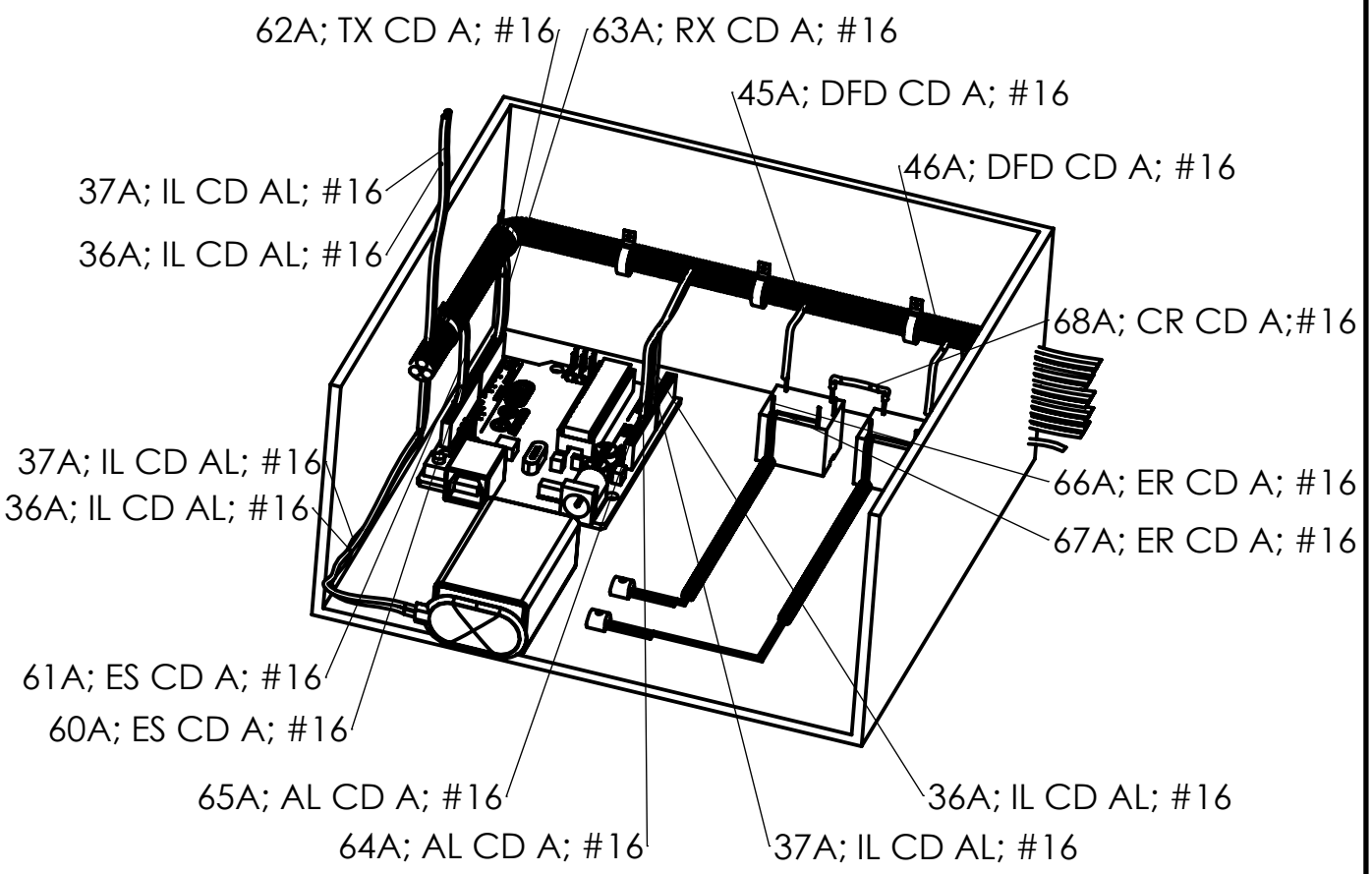
45A; DFD CD A; #16
46A; DFD CD A; #16
36A; IL CD AL; #16
37A; IL CD AL; #16



36A; IL CD AL; #16
37A; IL CD AL; #16
38A; IL CD A; #16
43A; DFI CD A; #16
44A; DFI CD A; #16
47A; SF CD A; #16
48A; SF CD A; #16
49A; LP CD A; #16
50A; LP CD A; #16

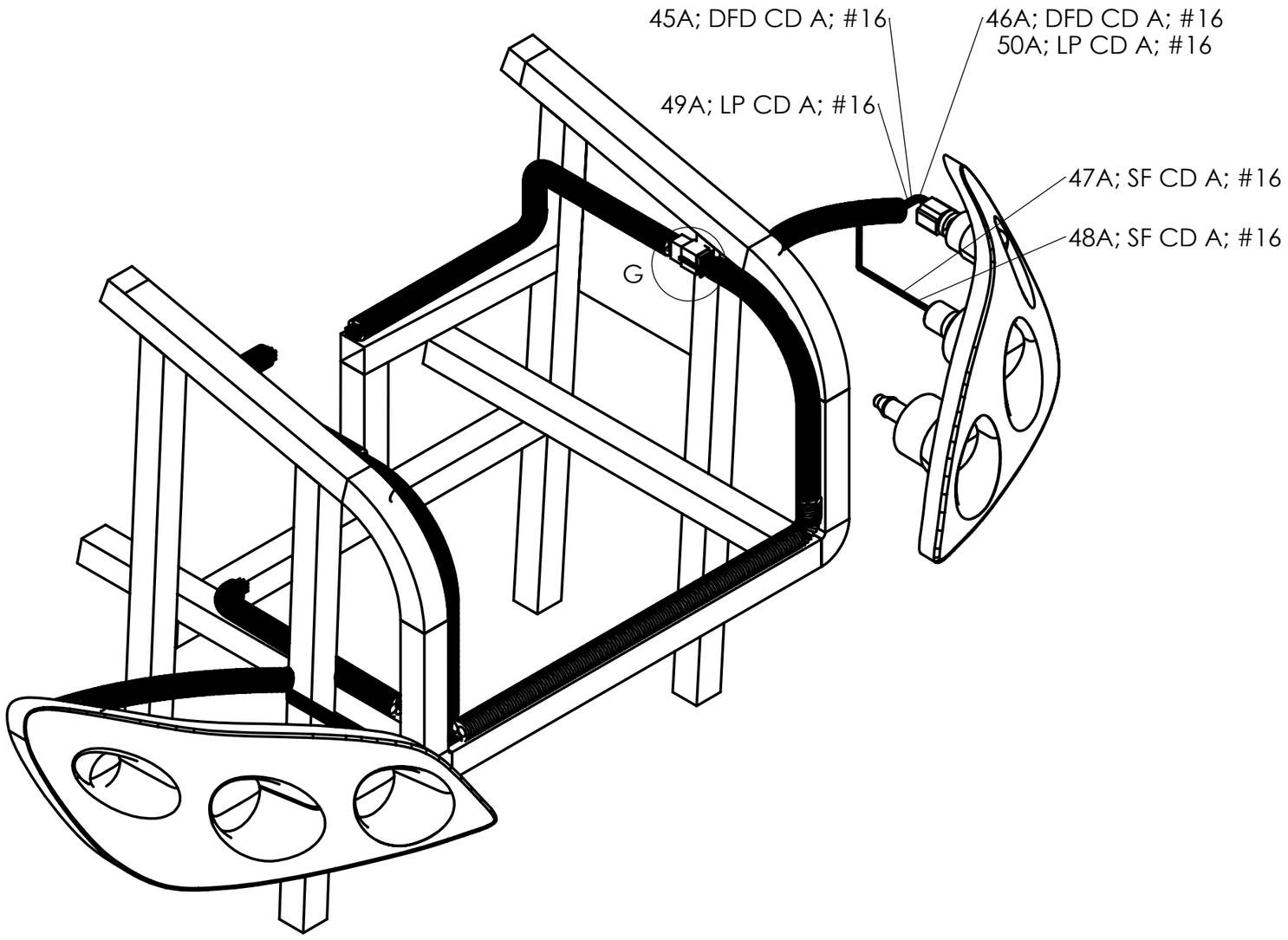
				Tolerancia: ±0.5	Peso: 2.71 Kg	Material: VARIOS	
					FECHA	NOMBRE	Título: CAJA DE ARDUINOS
				DIBUJÓ:	10/10/2018	ESCOBAR VICTOR	Escala: 1:1
				REVISÓ:	10/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	
				APROBÓ:	10/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA			N.° De Lámina HOJA 16 DE 30
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:				Sustitución:

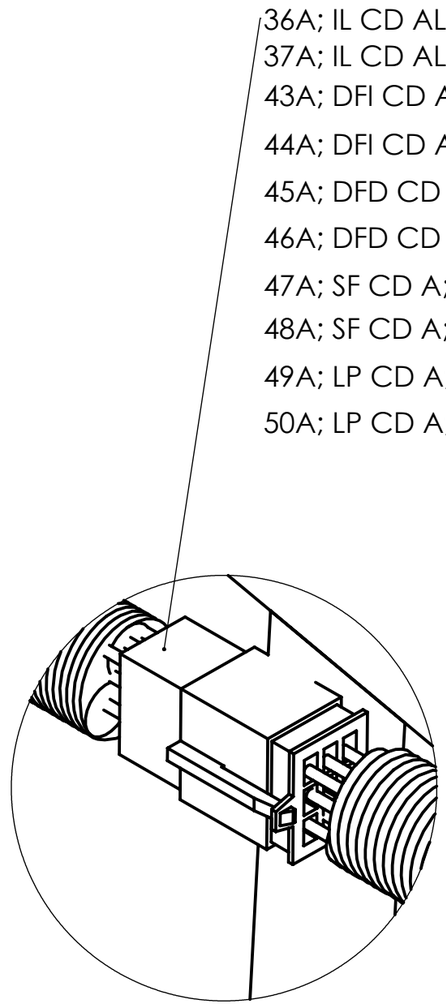




				Tolerancia: ±0.5	Peso: 2.71 Kg	Material: VARIOS	
					FECHA	NOMBRE	Título: CAJA ARDUINO INDEPENDIENTE
				DIBUJÓ:	12/10/2018	VICTOR ESCOBAR	Escala: 1:2
				REVISÓ:	12/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	
				APROBÓ:	12/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	
				U.T.A.			N.° De Lámina: HOJA 17 DE 30
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	INGENIERÍA MECÁNICA			Sustitucíon:

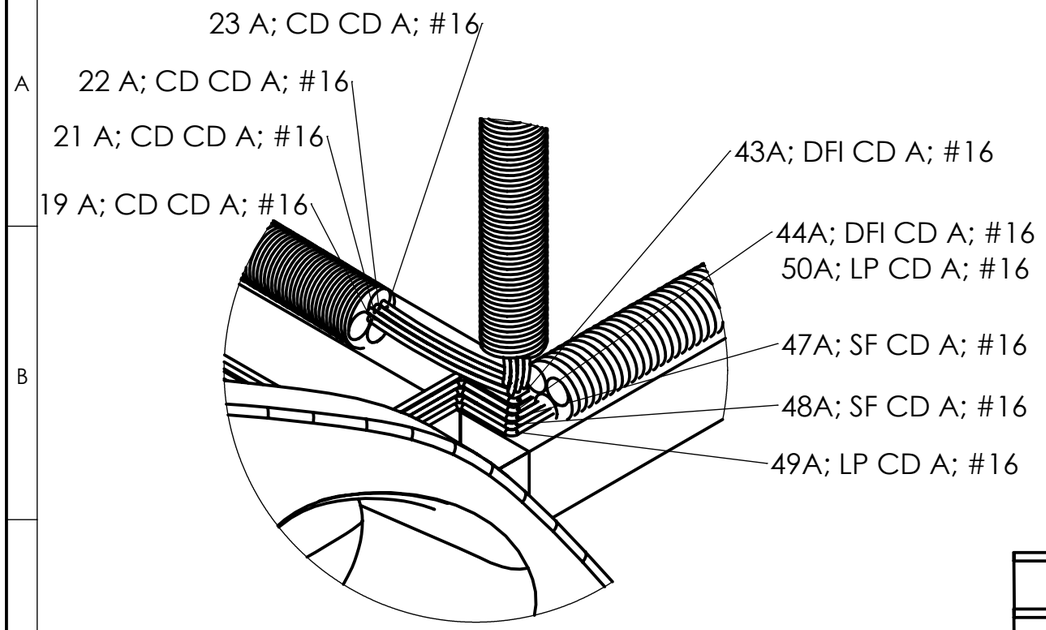
Registro :

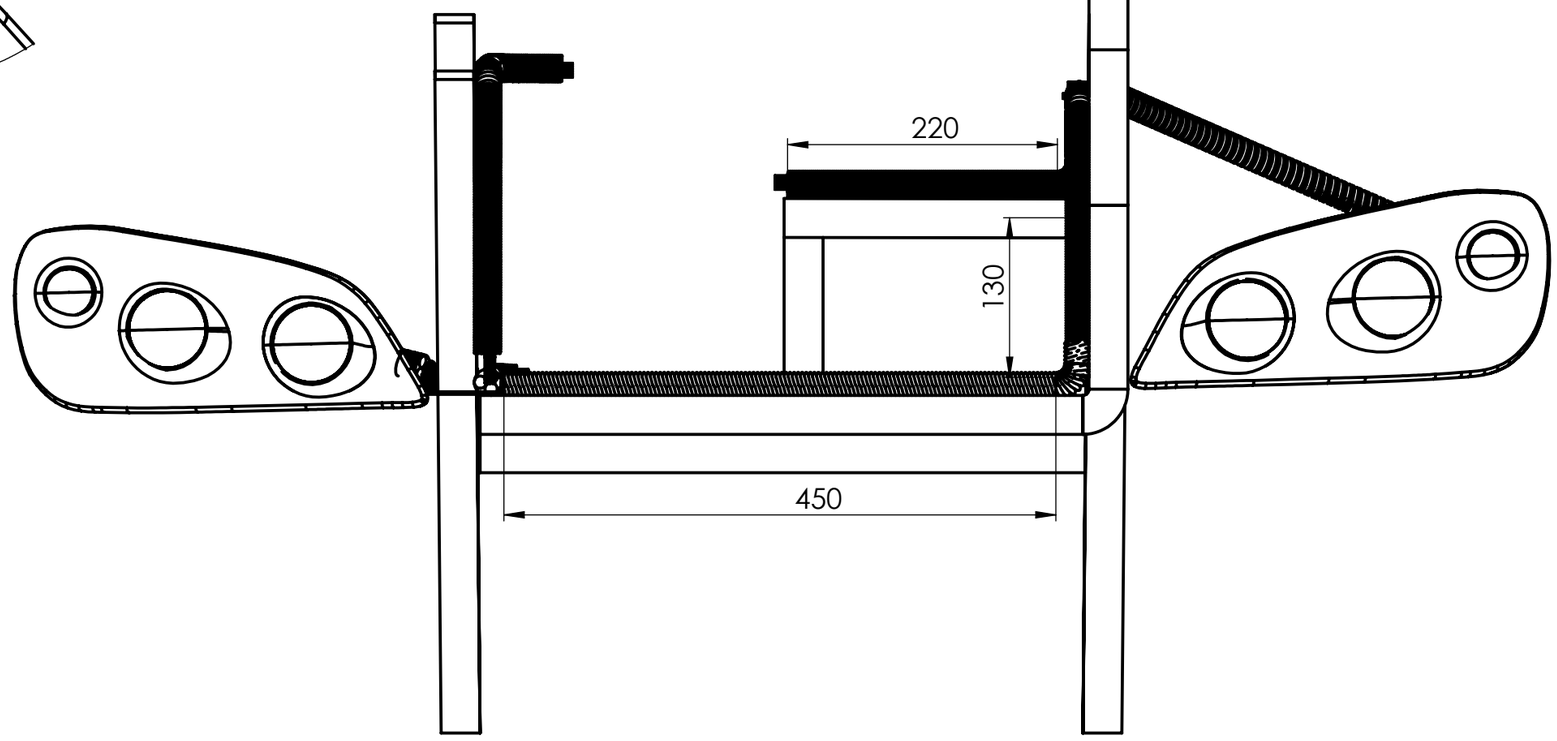




DETALLE G
ESCALA 1 : 1

Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	Tolerancia: ±1.2		Peso: 5.38 Kg	Material: VARIOS
					FECHA	NOMBRE	Título: ESTRUCTURA DE FAROS DELANTEROS
				DIBUJÓ:	24/10/2018	ESCOBAR VICTOR	Escala: 1:5
				REVISÓ:	24/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	
				APROBÓ:	24/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA			N.° De Lámina HOJA 18 DE 30
							Sustitución:
							Registro:





Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	Tolerancia: ±1.2	Peso: 5.38 Kg	Material: VARIOS
					FECHA	NOMBRE
				DIBUJÓ:	24/10/2018	ESCOBAR VICTOR
				REVISÓ:	24/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO
				APROBÓ:	24/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO

U.T.A.
INGENIERÍA MECÁNICA

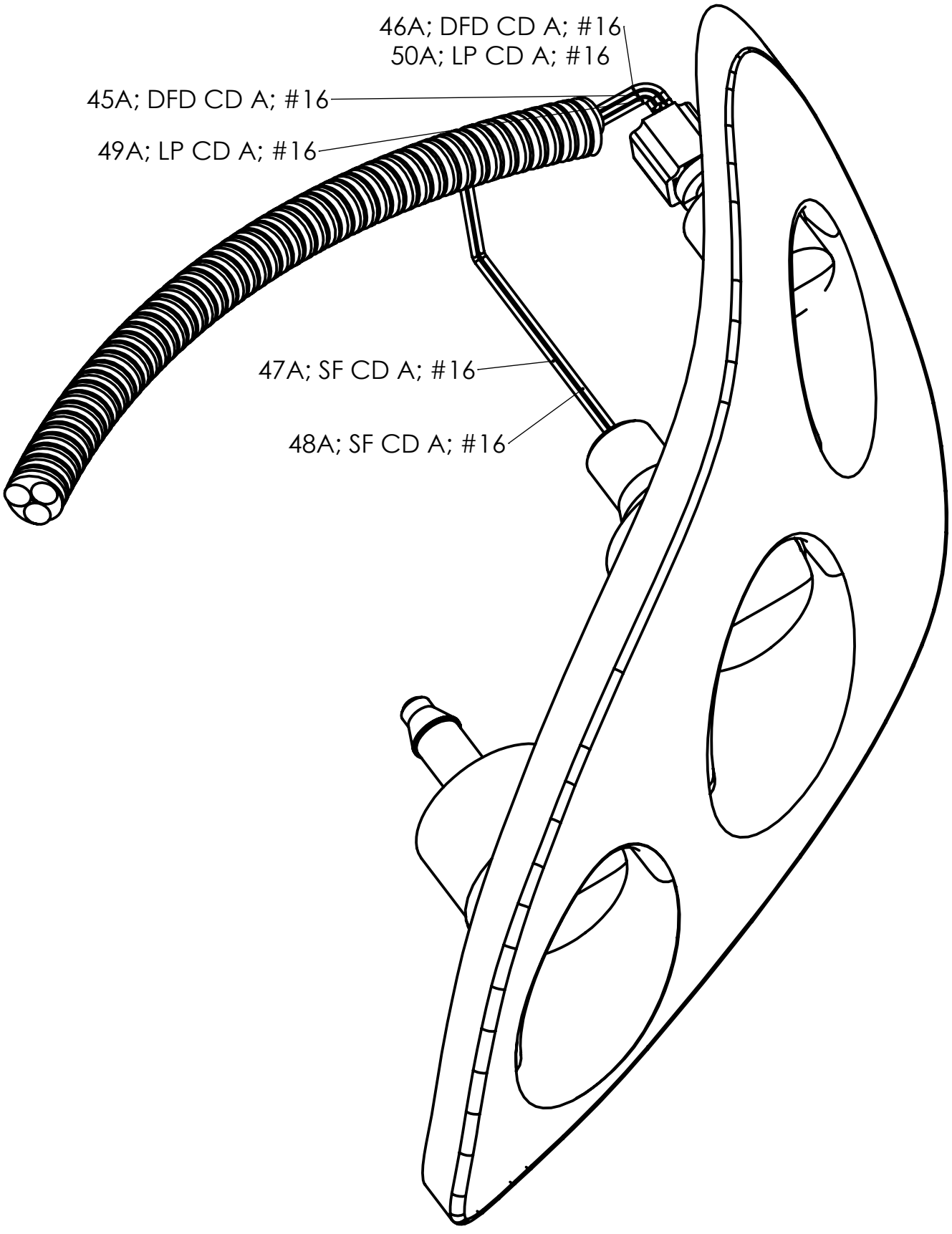
Título: FAROS DELANTEROS CON CABLEADO ELÉCTRICO

Escala: 1:5

N.º De Lámina HOJA 19 DE 30

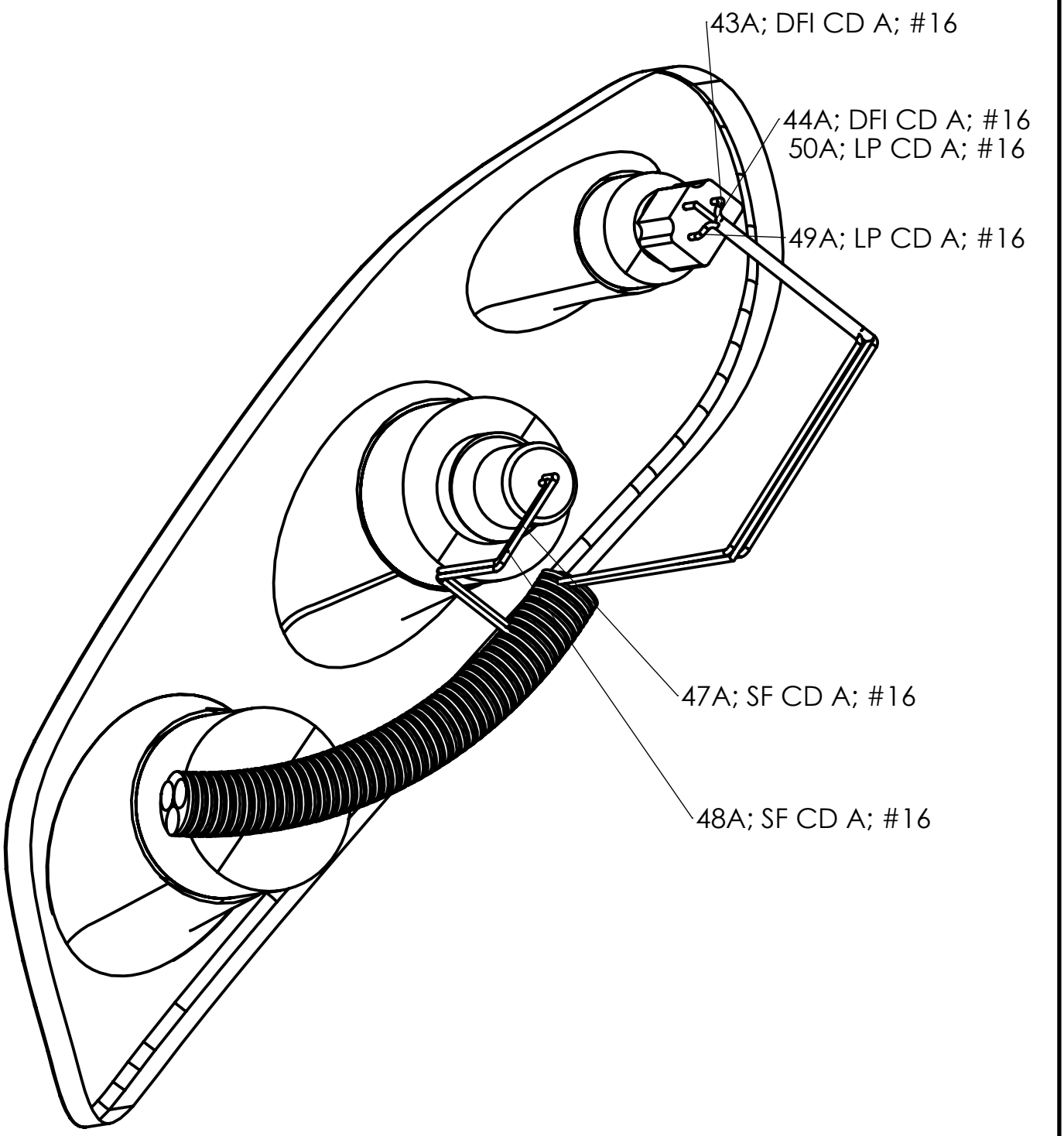
Registro:

Sustitución:

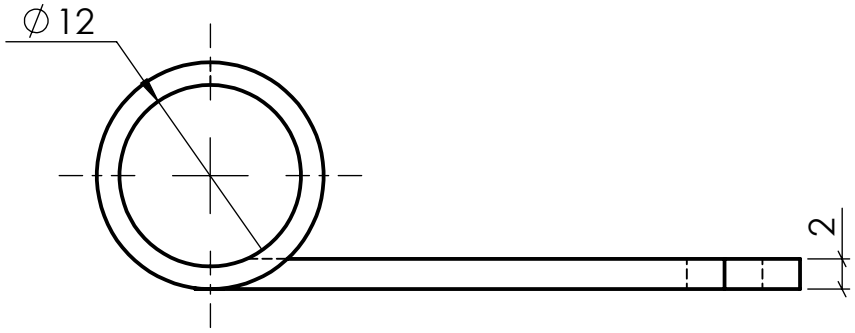


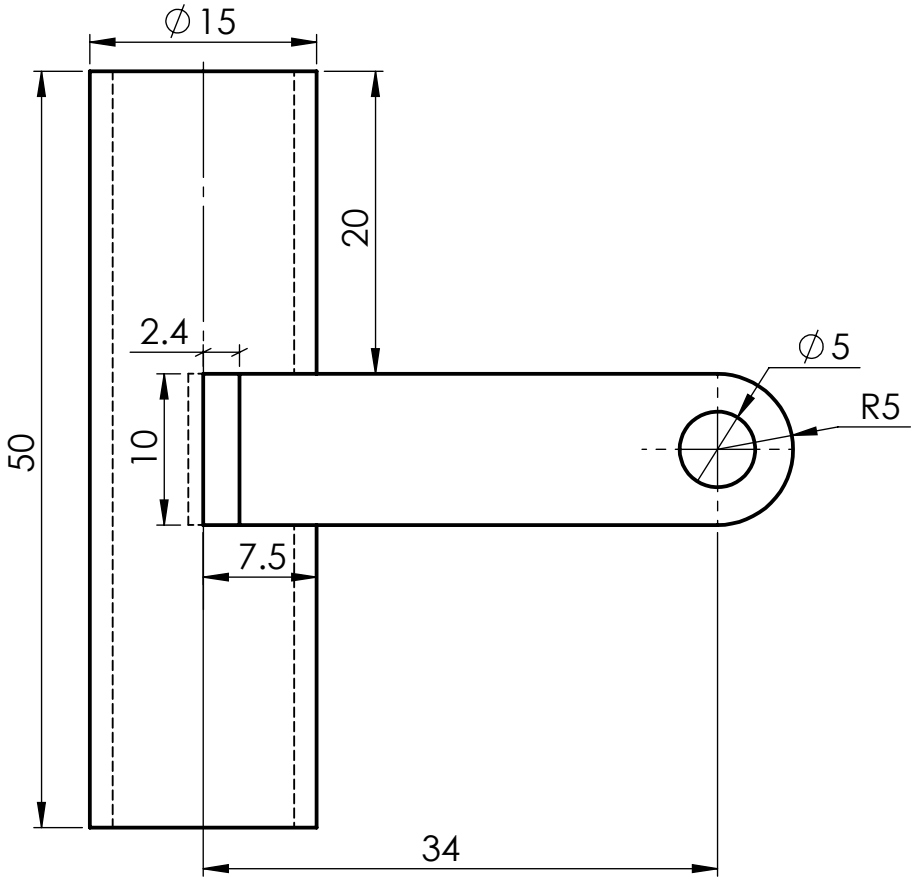
				Tolerancia: ±1.2	Peso: 78.12 gr	Material: VARIOS	
					FECHA	NOMBRE	Título: CONEXIÓN FARO DERECHO
				DIBUJÓ:	24/10/2018	VICTOR ESCOBAR	Escala: 1:2
				REVISÓ:	24/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	
				APROBÓ:	24/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	
				U.T.A.			N.° De Lámina: HOJA 20 DE 30
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	INGENIERÍA MECÁNICA			Sustitucíon:

Registro :

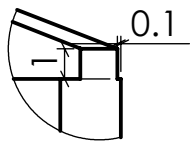


Tolerancia: ±0.8		Peso: 75.17 gr	Material: VARIOS			
	FECHA	NOMBRE	Título: CONEXIÓN FARO IZQUIERDO		Escala: 1:2	
DIBUJÓ:	24/10/2018	VICTOR ESCOBAR				
REVISÓ:	24/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO				
APROBÓ:	24/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO				
U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA			N.° De Lámina: HOJA 21 DE 30		Registro :	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	Sustitucíon:		

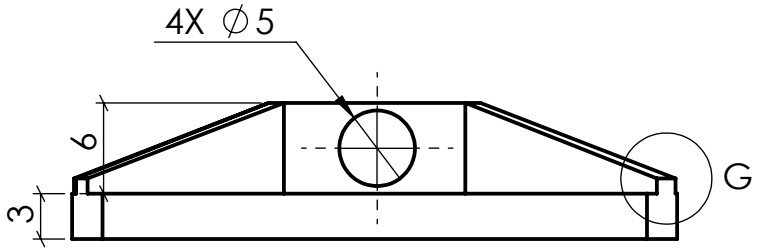


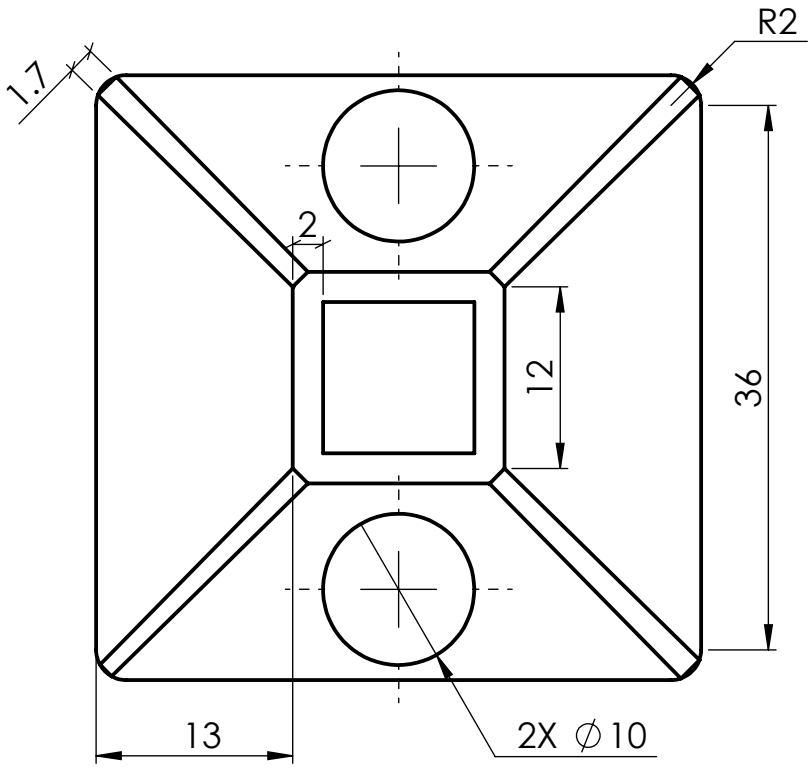


				Tolerancia: ±0.3	Peso: 5.09 gr	Material: PET
					FECHA	NOMBRE
				DIBUJÓ:	28/10/2018	VICTOR ESCOBAR
				REVISÓ:	28/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO
				APROBÓ:	28/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		Título: GANCHO PARA CABLES #16
						N.° De Lámina: HOJA 22 DE 30
						Sustitucíon:
						Escala: 2:1
						Registro :

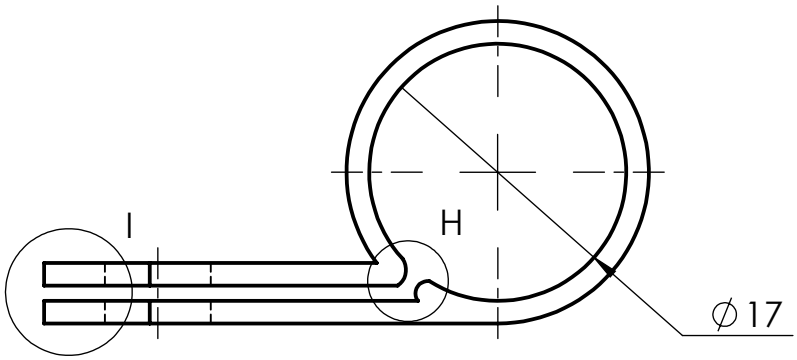


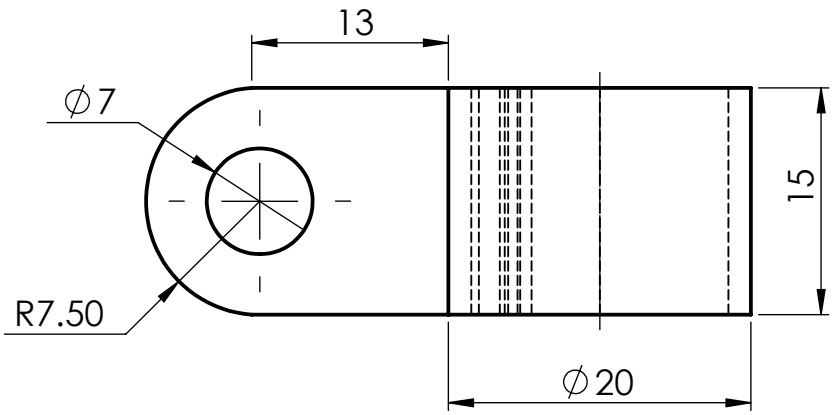
DETALLE G
ESCALA 4 : 1

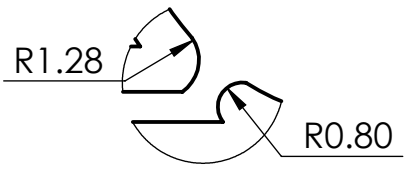




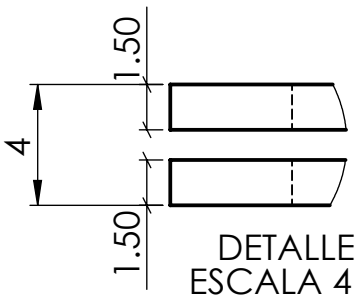
				Tolerancia: ±0.3	Peso: 7.26 gr	Material: PET
					FECHA / NOMBRE	Título: BASE DE SEGURIDAD PARA CORREAS DE NYLON — Escala: 2:1
					DIBUJÓ: 28/10/2018 VICTOR ESCOBAR	
					REVISÓ: 28/10/2018 ING. ANDRÉS HIDALGO	
					APROBÓ: 28/10/2018 ING. ANDRÉS HIDALGO	
				U.T.A.	N.° De Lámina: HOJA 23 DE 30	Registro :
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	INGENIERÍA MECÁNICA	Sustitucíon:	







DETALLE H
ESCALA 4 : 1



DETALLE I
ESCALA 4 : 1

Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:

Tolerancia: ±0.2	Peso: 3.12 gr	Material: PET
	FECHA	NOMBRE
DIBUJÓ:	28/10/2018	VICTOR ESCOBAR
REVISÓ:	28/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO
APROBÓ:	28/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO

U.T.A.
INGENIERÍA MECÁNICA

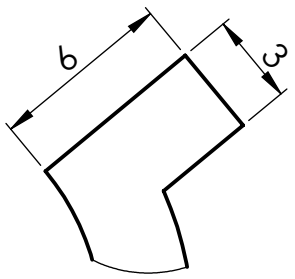
Título: CLIP SE SEGURIDAD PARA CABLES #16

Escala: 2:1

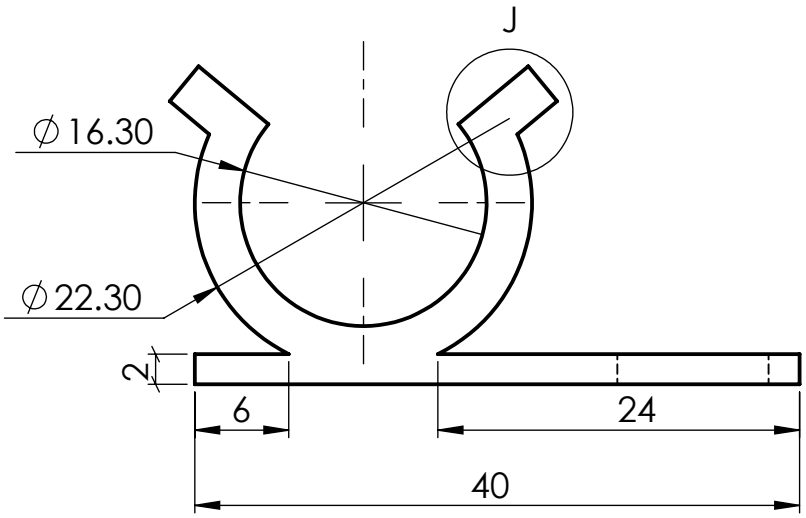
N.° De Lámina: HOJA 24 DE 30

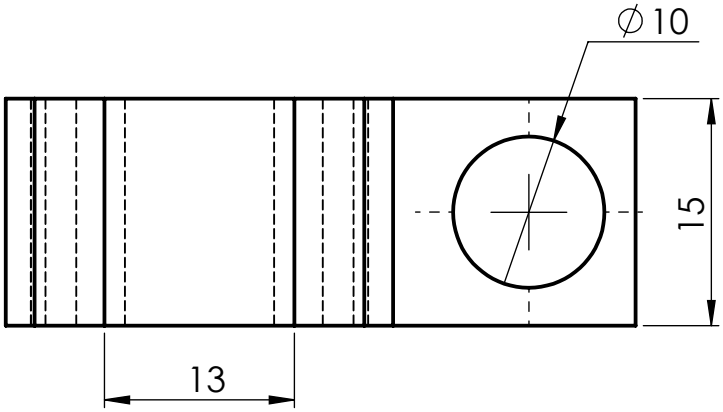
Registro :

Sustitucíon:



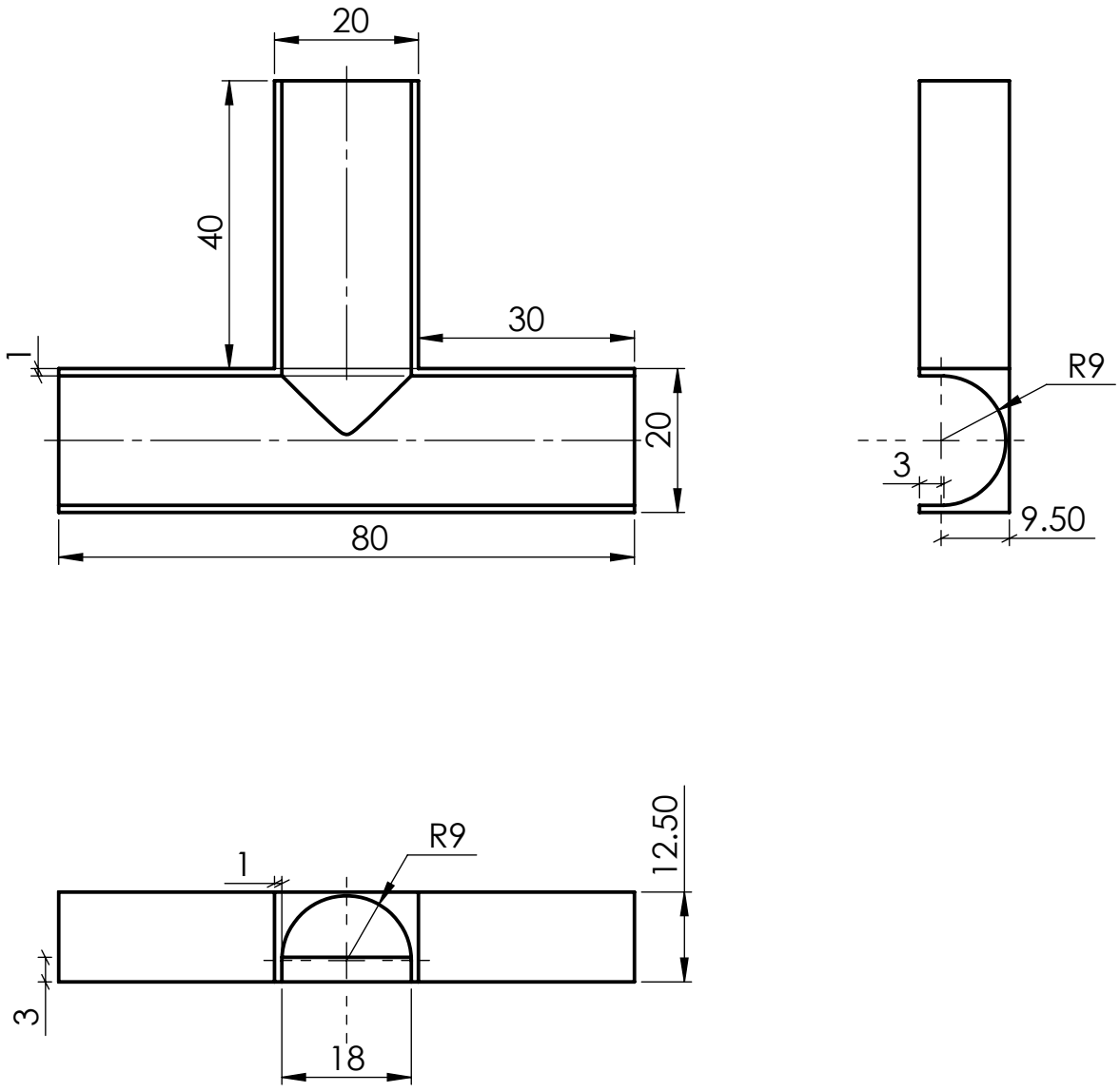
DETALLE J
ESCALA 4 : 1





				Tolerancia: ±0.3	Peso: 4.51 gr	Material: PET	
					FECHA	NOMBRE	Título: GANCHO DE SEGURIDAD PARA CABLE CERO
					DIBUJÓ: 31/10/2018	VICTOR ESCOBAR	Escala: 2:1
					REVISÓ: 31/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	
					APROBÓ: 31/10/2018	ING. ANDRÉS HIDALGO	
				U.T.A.			N.° De Lámina: HOJA 25 DE 30
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	INGENIERÍA MECÁNICA			Sustitucíon:

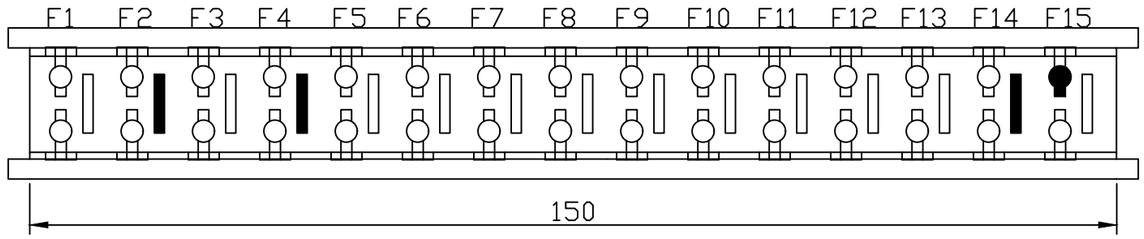
Registro :



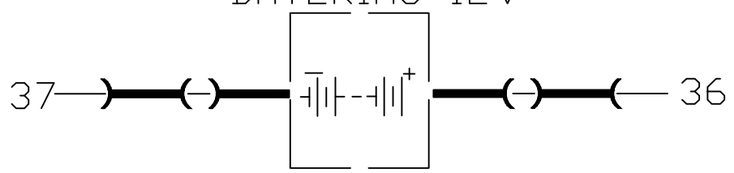
				Tolerancia: ±0.3	Peso: 11.22 gr	Material: PET
					FECHA	NOMBRE
				DIBUJÓ:	30/05/2019	ESCOBAR VÍCTOR
				REVISÓ:	30/05/2019	ING. ANDRÉS HIDALGO
				APROBÓ:	30/05/2019	ING. ANDRÉS HIDALGO
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		Título: RECUBRIMIENTO ENTRE INTERSECCIONES
						N.° De Lámina: HOJA 26 DE 30
						Sustitucíon:

Escala: 1:1

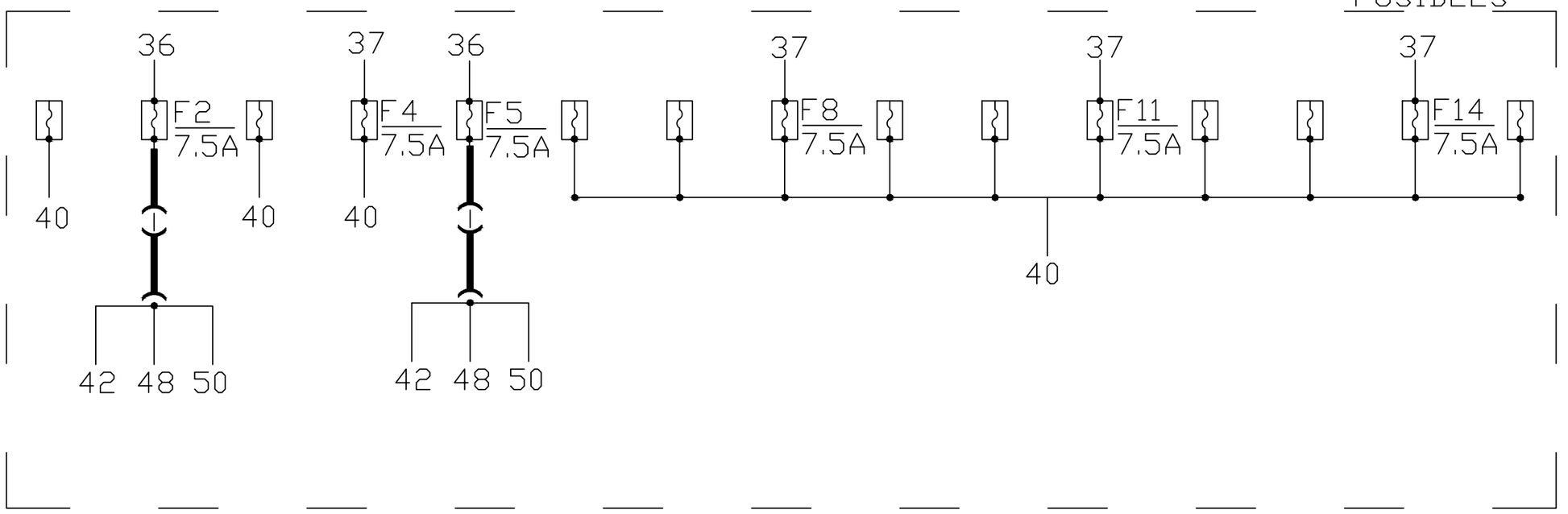
Registro :



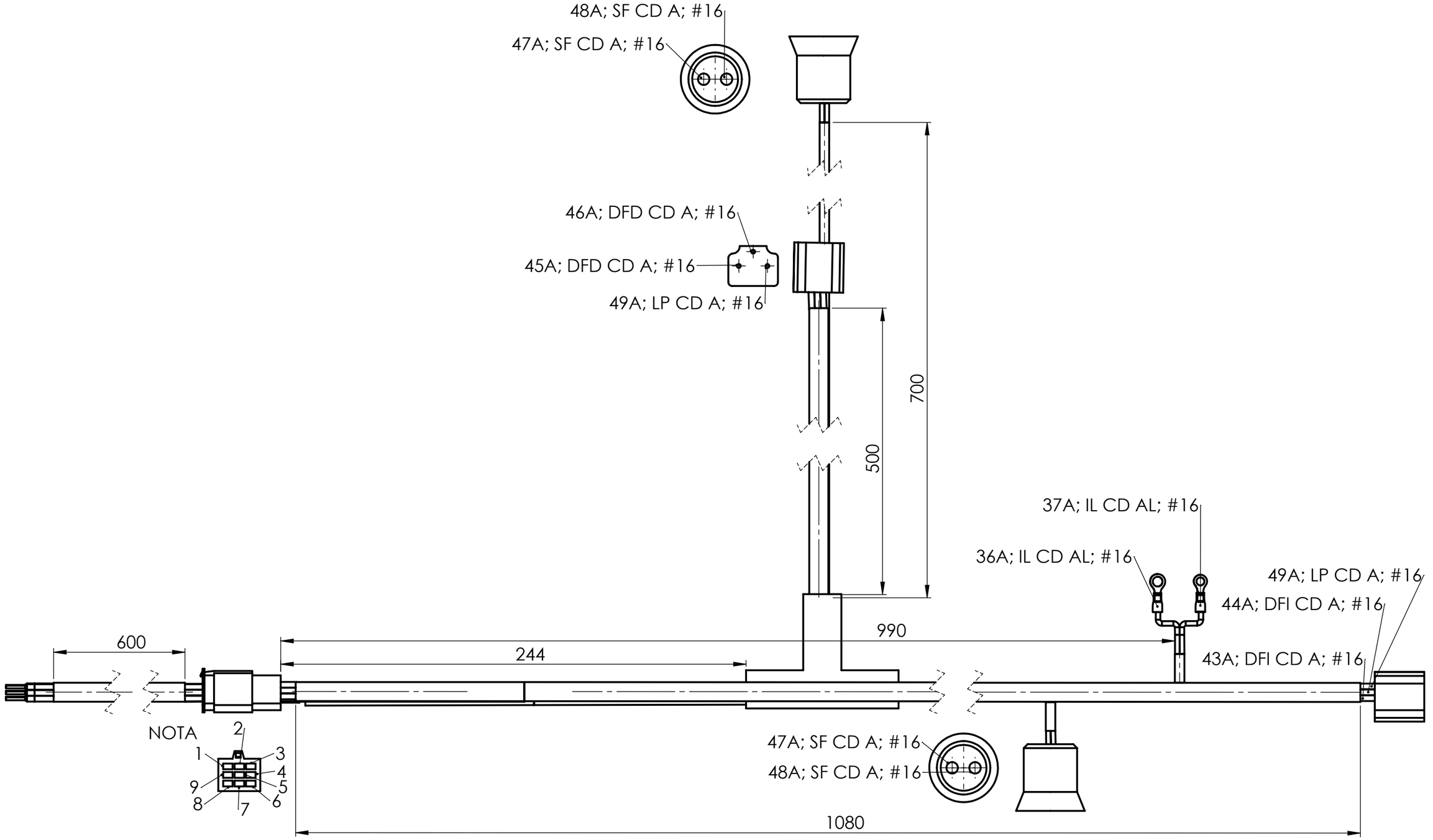
BATERIAS 12V



CAJA DE FUSIBLES



				Tolerancia:		Peso: 2.35 Kg	Material: VARIOS
					Fecha	Nombre	Título: CAJA DE FUSIBLES RENAULT 12
				Dibujó:	20/09/2018	Víctor Escobar	
				Revisó:	20/09/2018	Ing. Andrés Hidalgo	Escala: 1:1
				Aprobó:	16/11/2018	Ing. Andrés Hidalgo	
				U.T.A. INGENIERIA - MECANICA			N. Lámina: HOJA 27 DE 30
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:				Registro:
							Sustitución:



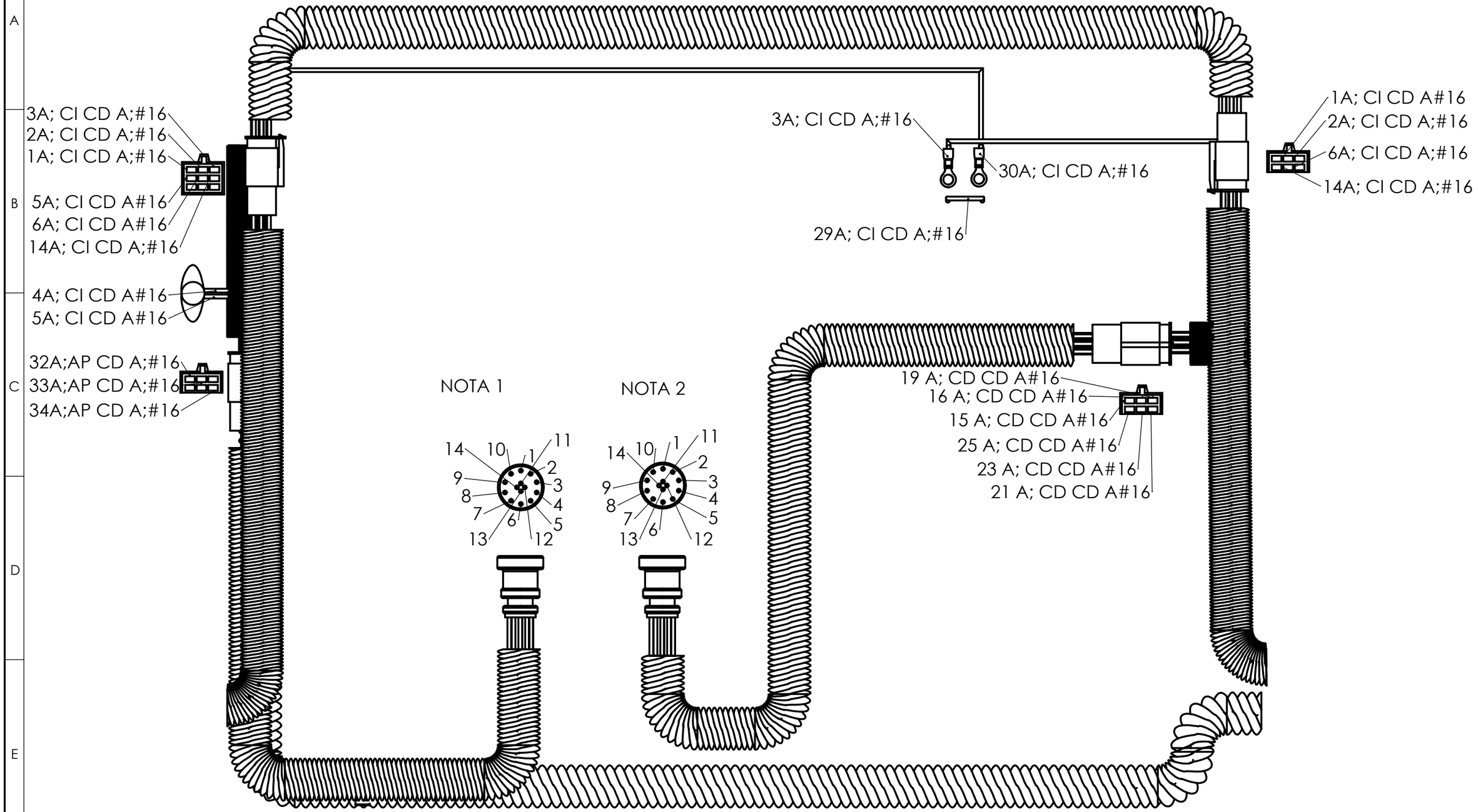
NOTA
1: 36A; IL CD AL; #16
2: 37A; IL CD AL; #16
3: 43A; DFI CD A; #16
4: 46A; DFD CD A; #16
5: 45A; DFD CD A; #16
6: 47A; SF CD A; #16
7: 49A; LP CD A; #16
8: 48A; SF CD A; #16
9: 44A; DFI CD A; #16

Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:

	FECHA	NOMBRE
DIBUJÓ:	30/05/2019	ESCOBAR VICTOR
REVISÓ:	30/05/2019	ING. ANDRÉS HIDALGO
APROBÓ:	30/05/2019	ING. ANDRÉS HIDALGO

U.T.A.
INGENIERÍA MECÁNICA

Tolerancia: ±1.2
Peso: 612.79 gr
Material: VARIOS
Título: ARNÉS DE FAROS DELANTEROS
Escala: 1:2
N.º De Lámina: HOJA 28 DE 30
Registro:
Sustitución:



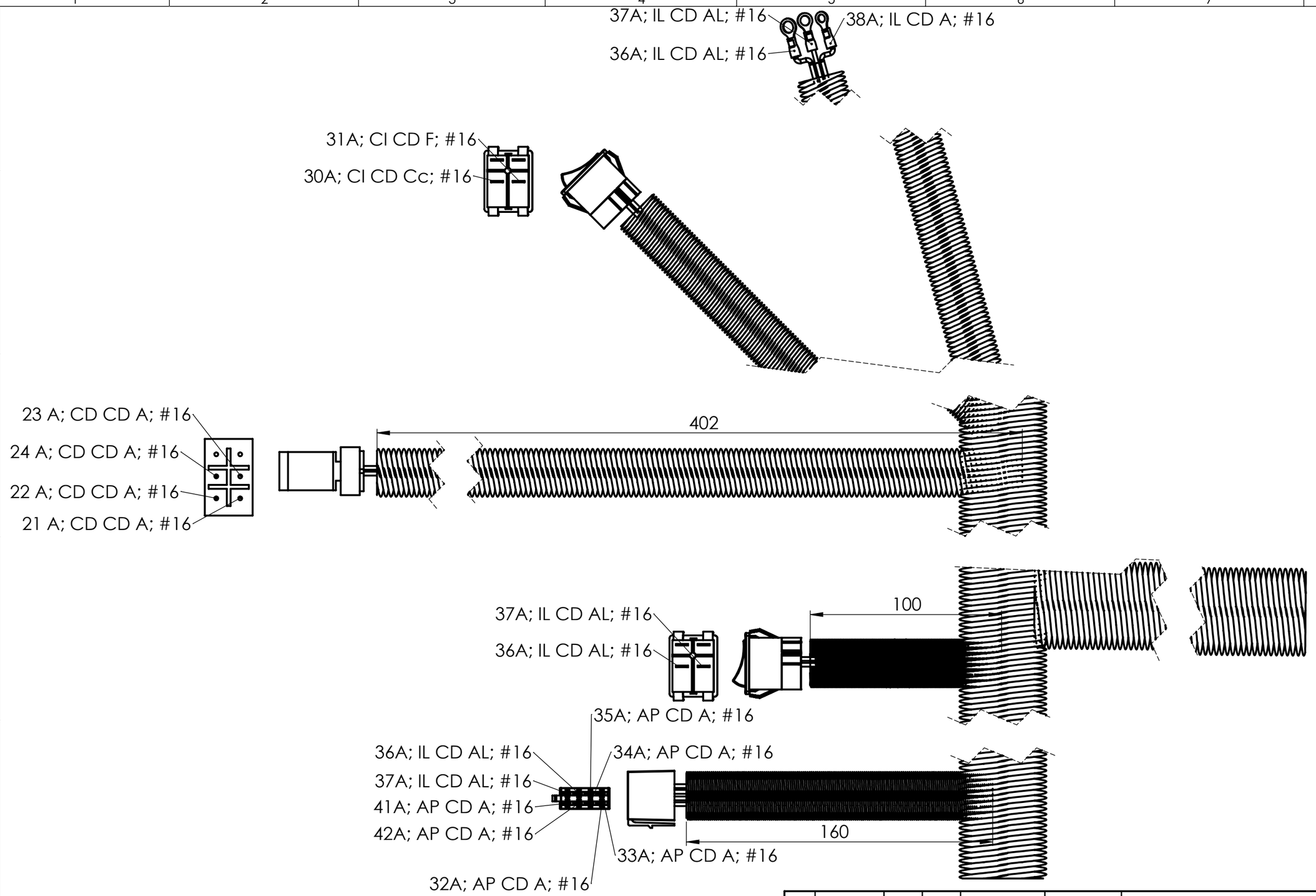
NOTA 1

1: 1A;CICDA;#16
2: 2 A;CICDA;#16
3: 3 A;CICDA;#16
4: 4 A;CICDA;#16
5: 5 A;CICDA;#16
6: 6 A;CICDA;#16
7: 7 A;CICDA;#16
8: 8A;CICDA;#16
9: 9A;CICDA;#16
10: 10A;CICDA;#16
11: 11A;CICDA; #16
12: 12A;CICDA; #16
13: 13A;CICDA; #16
14: 14 A;CICDA;#16

NOTA 2

1: 15A; CDCDA;#16
2: 16A; CDCDA;#16
3: 17A;CDCDA;#16
4: 18A;CDCDA;#16
5: 19A;CDCDA;#16
6: 20 A;CDCDA;#16
7: 21A;CDCD A;#16
8: 22A;CDCDA;#16
9: 23A;CDCDA;#16
10: 24A;CDCDA;#16
11: 25A;CDCDA;#16
12: 26A;CDCDA;#16
13: 27A;CDCDA;#16
14: 28A;CDCDA;#16

				Tolerancia: ±0.8	Peso: 1.97 Kg	Material: VARIOS	
					FECHA	NOMBRE	Título: ARNÉS CAJA DE CONTROLADOR
				DIBUJÓ:	30/05/2019	ESCOBAR VICTOR	Escala: 1:2
				REVISÓ:	30/05/2019	ING. ANDRÉS HIDALGO	
				APROBÓ:	30/05/2019	ING. ANDRÉS HIDALGO	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA			N.° De Lámina HOJA 29 DE 30
							Sustitución:
							Registro:



Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	Tolerancia: ±0.8	Peso: 1.97 Kg	Material: VARIOS
					FECHA / NOMBRE	Título: ARNÉS TABLERO
				DIBUJÓ:	30/05/2019 ESCOBAR VICTOR	Escala: 1:2
				REVISÓ:	30/05/2019 ING. ANDRÉS HIDALGO	
				APROBÓ:	30/05/2019 ING. ANDRÉS HIDALGO	
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.° De Lámina HOJA 30 DE 30
						Sustitución:
						Registro:

ANEXO I

MANUAL ELÉCTRICO CIM17

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

CARRERADE INGENIERÍA MECÁNICA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Escobar Razo Víctor Augusto

2019

Introducción

Dentro de un proceso de automatización, se desarrolla un análisis de distribución eléctrica, donde se establece de manera resumida la línea de procesos del sistema de cableado eléctrico, conectores, cableado y arnés; lo cual ayuda a entender de mejor manera los materiales y limitaciones para concretar un sistema óptimo a nivel eléctrico.

Dentro de dicho análisis se establecieron materiales aislantes de fácil adquisición en el mercado, establecimiento en base a cálculos del correcto cable de distribución eléctrica y limitaciones de cables en tubos aislantes. [16]

Proceso del Sistema del Cableado Eléctrico

Dentro de un análisis de distribución eléctrica, se debe de partir del proceso de automatización, donde se establecen los siguientes parámetros de análisis:

- ¿Qué se va a automatizar?
- ¿Para qué se va a automatizar?
- ¿Con qué se va a automatizar?
- Limitaciones espaciales de automatización

Si bien los 3 primeros parámetros se establecen de manera general dentro del tema de titulación del autor, se observa de manera más específica en las tesis referentes al sistema de potencia y accesorios.

A continuación, se desarrolla un ejemplo simplificado del sistema de potencia en base a los parámetros predispuestos.

- ¿Qué se va a automatizar?
  Dentro del sistema de potencia Figura 1, el motor MotME1003 DC de 48V.
- ¿Para qué se va a automatizar?
  Para la movilización del carro, se debe de establecer dos estados, uno para que el carro vaya hacia el frente y la segunda que vaya de retro.
- ¿Con qué se va a automatizar?
  Un controlador Kelly PM48301, el cual se establece en base a su regulación para un motor eléctrico.
- Limitaciones espaciales de automatización.
  Una vez establecido los componentes, tanto de alimentación, como control, se desarrolla un sistema de cableado, el cual se adapta a las limitaciones de la carrocería, Figura 2.

Figura 1. Motor DC y controlador Kelly [20]

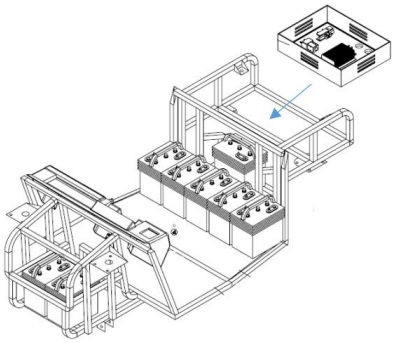


Figura 2. Distribución de componentes del sistema de potencia [20]

Nota:

Como parámetro extra del análisis de automatización, se establece la fuente de alimetación, en el caso de la utilización de corriente alterna, se especifica dentro de cada componente, pero tomando en cuenta el auto eléctrico CIM17, se establece las distribuciones de las baterias para la respectiva alimentación del motor y accesorios.

Conectores

Para tener una efectiva conexión entre componentes, los conectores tanto los que están en contacto con los accesorios y los que se establecen en puntos intermedios de la distribución eléctrica, desarrollan una utilización específica, como ejemplo el conector para la radio Figura 3, cuyos cables se distribuyen tanto a la alimentación, como a la cámara de retro y parlantes, se implementa una conexión

intermedia para que existan futuras modificaciones ya sean de distribución o reemplazo de accesorios.

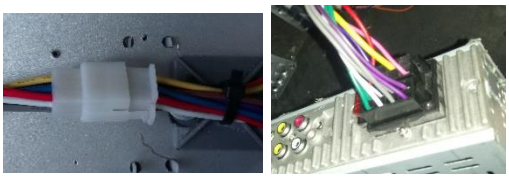


Figura 3. Conexión directa de radio y conector intermedio de componentes [Autor]

Como conectores dentro del sistema tanto de potencia como de accesorios Figura 4, tenemos los siguientes:

- Terminales de cobre de alto rendimiento (20)
- Conectores de 9 y 6 pines (4)
- Zócalos de conexión del controlador (2)
- Conectores de radio (2)
- Borneras (5)

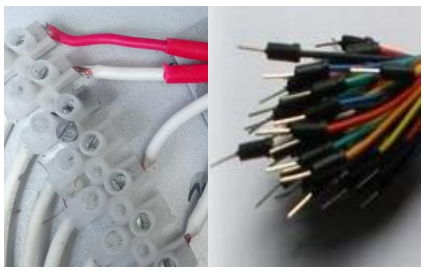


Figura 4. Conectores para el sistema eléctrico [Autor]

Cableado

Para el cableado eléctrico se establecen las capacidades de distribución, dependiendo los accesorios a conectar, entre los cuales se divide en dos partes, los que son para potencia, donde se relacionan, las baterías, controlador y motor DC y los accesorios, dígase los faros, radio, tableros y Arduinos.

Para la selección del cable de potencia, se toma en cuenta los siguientes cálculos:

$$I = \frac{HPx746}{Vx\eta}$$

Donde:

HP= 9 HP (Potencia del Motor)

V= 48 V (Tensión Nominal del Sistema en Voltios)

η= 0.85 (Eficiencia del Motor)

$$\boldsymbol{I = 164.56\ A}$$

Por un valor de corrección de 1.25 se establece:

$$I_f = Ix1.25$$

$$\boldsymbol{I_f = 205.7\ A}$$

Una vez establecido la intensidad de la corriente, se procede bajo catálogo AWG a seleccionar el cableado que satisfaga nuestras necesidades.

Tabla 1. Características eléctricas y mecánicas del conductor eléctrico AWG 4/0 [22]

CALIBRE	CONSTRUCCIÓN		ESPESORES		DIÁMETRO EXTERIOR APROXIMADO mm	PESO APROXIMADO kg/Km	CAPACIDAD MÁXIMA DE CORRIENTE (AMP)			
							THWN (75°C)		THHN (90°C)	
	N° HERBAS	ϕ mm	AISLACIÓN mm	CUBIERTA mm			A	B	A	B
4/0	**19**	**2.68**	**1.27**	**0.18**	**16.3**	**1101.60**	**230**	**360**	**260**	**405**

Nota:

Para la selección de cableado dentro de accesorios, los proveedores establecen el cable necesario para su utilización, ya que

se predispone factores como es la corriente de trabajo en dichos accesorios eléctricos y electrónicos.

Arnés

Previa implementación del calibre de cable eléctrico que se va a utilizar, se determina sus respectivos aislantes, en este caso, se tomaron en cuenta de dos tipos, un termofundido que se establece para recubrir de manera independiente cada cable, de tal manera que se lo aísla de componentes externos como el polvo y altas corrientes en el caso que existan; el segundo es un tubo corrugado, el cual hace una recopilación más óptima de un mazo de cables, a continuación se establecen limitaciones de cuantos cables se puede incorporar en el tubo corrugado dependiendo de sus respectivos diámetros.

- Diámetro del Tubo Corrugado ϕ_{TC}: 1 in (25.4 mm) y ½ in (12.7 mm)
- Diámetro cable #16 ϕ_{16}: 0.06 in (1.5 mm)
- Diámetro Cable 4/0 $\phi_{4/0}$: 0.64 in (16.3 mm)

A $\phi_{TC\text{-}1in}$: Área del diámetro del Tubo Corrugado de 1 in

A $\phi_{TC\text{-}1/2in}$: Área del diámetro del Tubo Corrugado de ½ in

A ϕ_{16}: Área Cable número 16

A $\phi_{4/0}$: Área Cable número 4/0

E.l.= Espacio libre para el tubo corrugado

Las condiciones del cableado eléctrico, en el inciso f. se establece que se debe de dejar libre un 20% del arnés total

Por factores de recubrimiento como es el aislante que se va a incorporar, el diámetro del cable 16 aumenta a 4 mm.

$$A\phi_{16} = \frac{\pi * (\phi_{16})^2}{4}$$

$$A\phi_{16} = 12.566\ mm^2 = 0.019\ in^2$$

$$\phi_{80\%TC-1/2in} = 0.8 * \phi_{TC}$$

$$\phi_{80\%TC-1/2in} = 10.16\ mm$$

$$A\phi_{80\%TC-1/2in} = \frac{\pi * (\phi_{80\%TC-1/2in})^2}{4}$$

$$A\phi_{80\%TC-1/2in} = 81.07 mm^2 = 0.126 in^2$$

$$E.l. = A\phi_{TC-1/2in} - A\phi_{80\%TC-1/2in}$$

$$E.l. = 45.607\ mm^2 = 0.071\ in^2$$

Una vez calculadas las áreas, se establece el número máximo de cables para cada tubo corrugado.

$$\#Cables = \frac{A\Phi_{80\%TC-1in}}{A\Phi_{16}}$$

$$\#\boldsymbol{Cables = 6.45 \approx 6}$$

Las áreas efectivas en base al tubo corrugado de 1 in, se establecen hasta un máximo de 25 cables, si bien por factores de compresión al tener un número considerable de cables la utilización práctica de los mismos sería con un valor que rodee los 18 cables.

Dentro del establecimiento del arnés se considera los ganchos de sujeción para poder fijar el tubo corrugado con cables en su interior y el cable de potencia o cable cero, visible en la Figura 5, entre lo cual se han incorporado los siguientes ganchos:

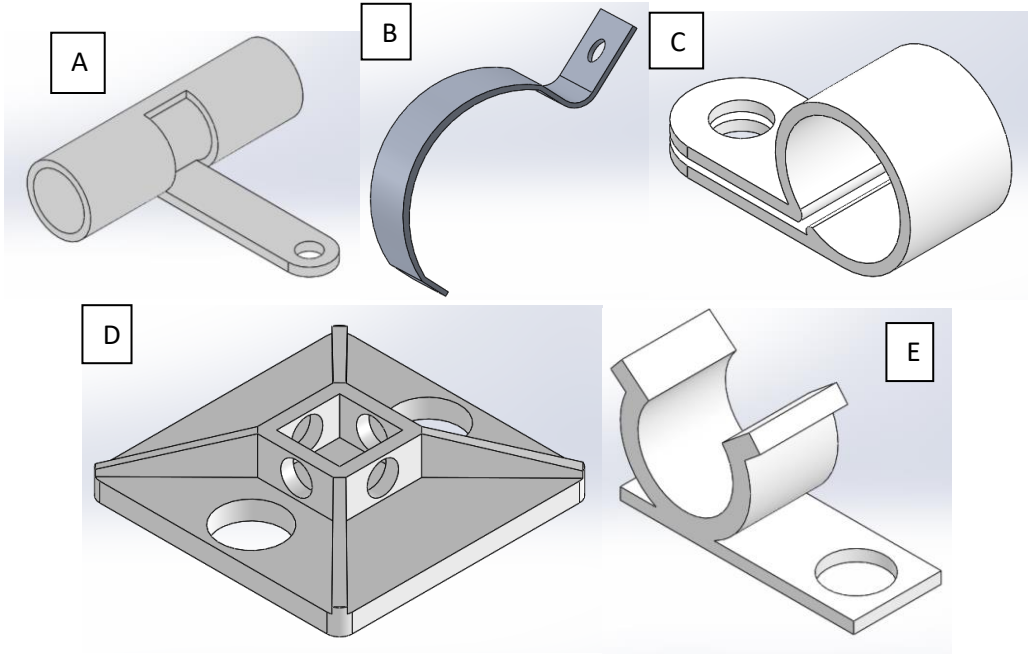


Figura 5. Ganchos de sujeción para cables independientes y arnés [Autor]

En la figura 5 se establecen los ganchos que se han incorporado dentro del sistema eléctrico, para los ganchos A, C, D y E se han diseñado y establecido gracias a una impresora 3D en base PET, material utilizado para la impresión 3D, ya que facilito su adquisición y adaptación a la estructura predispuesta, para el caso del gancho B, se lo adquirio de manera genérica.

Para los ganchos A, C y D, son incorporados para cables #16 con limitaciones máximas de 3 cables; para el gancho E, se ha establecido para la implementación del cable cero, visible en la Figura 6.

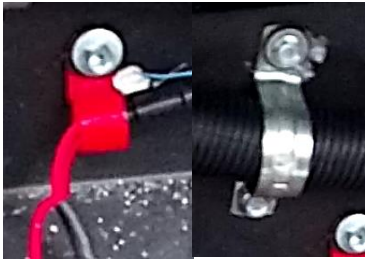


Figura 6. Incorporación de ganchos de sujeción [Autor]

Cargador de baterías

Para cargar las baterías se ha establecido un cargador genérico Automatic Reverse Pulse Battery Charger, el cual trabaja con una salida de 48V a 20A, con una entrada de 110 voltios de corriente alterna.

El cual se incorpora conectando en paralelo al banco de baterías, su configuración se observa en la Figura 7, se debe de tomar en cuenta la correcta conexión de los polos de carga con respecto a los de las baterías.

La ubicación del cargador es escensial ya que necesita una correcta ventilación, de igual manera para poder verificar el voltaje de entrada para la carga.

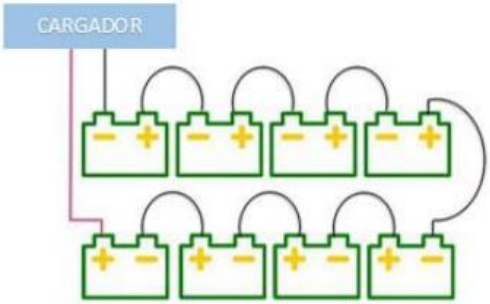


Figura 7. Incorporación del cargador a las baterías [20]

Para el cálculo del tiempo de carga se establecen las siguientes condiciones:

- Se establece que las baterías están totalmente descargadas.

- Se establece la capacidad de las baterías, que es de 240 Ah.
- La capacidad del cargador es de 20A.
- Cada batería es de 3 celdas.
- La capacidad de cada celda es de 1,67V si esta descargada y de 2V cuando está cargada.

$$\#\ total\ de\ celdas = \#baterias * \#\ celdas$$

$$\boldsymbol{\#\ total\ de\ celdas = 24\ celdas}$$

$$V\ de\ baterias\ cargadas = \#\ total\ de\ celdas * Capacidad\ de\ celdas$$

$$\boldsymbol{V\ de\ baterias\ cargadas = 40.8\ V}$$

$$V\ de\ baterias\ cargadas = 24 * 2$$

$$\boldsymbol{V\ de\ baterias\ cargadas = 48\ V}$$

$$T\ de\ carga = \frac{Capacidad\ de\ las\ baterías}{Capacidad\ del\ cargador}$$

$$\boldsymbol{T\ de\ carga = 12\ h}$$

Se observa el tiempo máximo de carga, se establece esto como un valor de carga completa, en el peor de los casos las baterías se descargaron hasta rodear los 4V, por batería, estableciendo una carga de 4h.

En la Figura 8 se observan los accesorios que se incorpora con el cargador se tiene:

- Cargador
- Cable de alimentación

- Cable de conexión a baterias

Figura 8. Accesorios del cargador de baterías [Autor]

Si se conectan los polos de manera erronea, el cargador refleja este error, el cual se establece en la Figura 9.

Figura 9. Incorporación del cargador a las baterías [Autor]