



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Diseño de un mecanismo automatizado para optimizar costo y tiempo en la aplicación de silicona RTV en aisladores de subestaciones de alta tensión.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTOR:**

Padilla Samame, Jhorlin ([orcid.org/0000-0001-6091-6713](https://orcid.org/0000-0001-6091-6713))

**ASESOR:**

Dr. Salazar Mendoza, Aníbal Jesus ([orcid.org/0000-0003-4412-8789](https://orcid.org/0000-0003-4412-8789))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**CHICLAYO - PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

El presente proyecto de investigación está dedicado a Dios que fortaleció mi cuerpo y espíritu para el logro de este objetivo, a mis padres que son mi inspiración, motivo y siempre me alientan a seguir desarrollándome personal y profesionalmente, mis hermanos que nunca dejaron de alentarme, a mis compañeros de trabajo que celebran mis logros como suyos.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por que en el camino fortaleció mi cuerpo y mi espíritu para poder cumplir a la actualidad con el objetivo más importante de mi profesión.

A mis Padres Almedo Padilla Pongo y María Luz Samamé Vasquez porque, aunque no estuvieron cerca, sus palabras fueron reconfortantes y alentadoras para nunca apartar mi vista de este objetivo.

A mis hermanos que me vieron como una inspiración y con sus palabras me inspiraban a seguir creciendo profesionalmente

A mis compañeros de trabajo del mismo y más grado jerárquico que celebran conmigo la alegría de haber cumplido un objetivo más en mi carrera profesional.

A todos muchas gracias.

## Índice de contenidos

Caratula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenido .....	iv
Índice de Tablas .....	v
Índice de Figuras .....	vii
Resumen .....	ix
Abstract .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	12
3.2. Variable y operacionalización.....	12
3.3. Población, muestra y muestreo .....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	13
3.5. Procedimiento .....	15
3.6. Método de análisis de datos.....	16
3.7. Aspectos éticos.....	17
IV. RESULTADOS.....	18
V. DISCUSIÓN .....	106
VI. CONCLUSIONES.....	109
VII. RECOMENDACIONES .....	111
REFERENCIAS .....	112
ANEXOS.....	118



## Índice de tablas

Tabla 1 Muestra de estudio.....	13
Tabla 2 Técnicas e instrumento de recolección de datos .....	14
Tabla 3 Validación de instrumentos de recolección de datos .....	15
Tabla 4 Materiales de piezas usadas en el diseño de maquina engomado .....	24
Tabla 5 Datos para cálculo de engranajes .....	30
Tabla 6 Resumen de resultados en las 3 etapas.....	32
Tabla 7 Tabla de resultados para la selección del mejor par de engranes etapa 1 .....	36
Tabla 8 Tabla de resultados para la selección del mejor par de engranes etapa 2 .....	37
Tabla 9 Resumen de resultados de sección de engranajes etapas 1 y 2 .....	38
Tabla 10 Resumen de resultados en los ejes.....	38
Tabla 11 Resultados de fuerzas actuantes en dientes de engranes.....	39
Tabla 12 Datos para cálculo de esfuerzo en engranajes .....	39
Tabla 13 Selección de material según esfuerzo de flexión AGMA .....	49
Tabla 14 Clasificación de la fundición nodular teniendo en cuenta sus características mecánicas de acuerdo con la norma ASTM A-536.....	50
Tabla 15 Factor de servicio para transmisión por cadena .....	52
Tabla 16 Selección del paso de cadena según la norma DIN .....	54
Tabla 17 Cadena de rodillos simples - serie B .....	56
Tabla 18 Cadena estándar sencilla de rodillos N° 35 paso 3/82" .....	57
Tabla 19 Medidas de piñón de 3/8" de paso .....	59
Tabla 20 Datos de cadena que originan la selección del piñón. ....	60
Tabla 21 Tabla resumen para la fabricación de tornillo sin fin .....	63
Tabla 22 Tabla de resultados para fabricación de reductores de velocidad .....	63
Tabla 23 Tabla resumen de cadena seleccionada .....	64
Tabla 24 Tabla resumen de piñón seleccionado .....	64
Tabla 25 Leyenda de componentes que conforman la máquina de engomado. ....	66
Tabla 26 Duración de actividades que conforman el proceso de renovación de silicona RTV.....	73
Tabla 27 Datos de recubrimiento de goma silicona en subestaciones .....	82
Tabla 28 Tiempo de pintado de máquina .....	83

Tabla 29 Costo de aplicar recubrimiento RTV en cámaras del IN-5162 en Subestación La Niña .....	86
Tabla 30 Costo de aplicar recubrimiento RTV en cámaras del IN-5162 en Subestación Chimbote Celda IN-4010 .....	87
Tabla 31 Costo de aplicar recubrimiento RTV en cámaras del IN-5162 en Subestación Chimbote Celda IN-4008 .....	89
Tabla 32 Costo de aplicar recubrimiento RTV en cámaras del IN-5162 en Subestación Chimbote Celda IN-4006 .....	90
Tabla 33 Costo de aplicar recubrimiento RTV en los bujes del transformador de potencia T16-261 50MVA SE. Chiclayo .....	92
Tabla 34 Cotización de aplicación de recubrimiento RTV de la L-2240 por la empresa VYT .....	95
Tabla 35 Cotización de engomado con personal REP SA. con alquiler de grúa...99	
Tabla 36 Cotización para recubrimiento de equipos de patio, mediante máquina de engomado .....	101
Tabla 37 Resumen de cotizaciones para la actividad de recubrimiento con silicona RTV sobre equipos de alta tensión de 220KV .....	103
Tabla 38 Fórmulas para el flujo de caja por trabajo realizado, comparación de opción 4 frente 1,2 y 3.....	103
Tabla 39 Flujos de por trabajo realizado, proyectado en 12 meses.....	104
Tabla 40 Resultados del VAN Y TIR .....	105
Tabla 41 Resultados de encuesta .....	161

## Índice de figuras

Figura 1 Costos de mantenimiento a lo largo del tiempo Lavado Vs Grasa Down Corning Vs Silicona RTV.....	2
Figura 2 Contaminación de aislamiento.....	10
Figura 3 Causas y efectos de la corriente de fuga .....	10
Figura 4 Silicona RTV recubriendo partículas de contaminación. ....	11
Figura 5 Fácil limpieza y eliminación de partículas de contaminación del aislamiento. ...	11
Figura 7 Seccionador de corte central 220 kV Marca AEG Modelo FMS-414 .....	18
Figura 8 Dimensiones de Seccionador marca AEG Modelo FMS-414.....	19
Figura 9 Plano de aislador soporte de cuchillas del seccionador Marca AEG Modelo FMS-414 .....	20
Figura 10 Estructura referencial de máquina para aplicación de silicona RTV .....	21
Figura 11 Vista frontal del equipo para aplicación de goma silicona .....	22
Figura 12 Vista superior del equipo para aplicación de goma silicona .....	23
Figura 13 Parámetros de diseño de tornillo sin fin .....	26
Figura 14 Parámetros de diseño en dientes de sin fin .....	27
Figura 15 Planos de Ejes sin fin de máquina de engomado .....	28
Figura 16 Disposición para reductor de velocidad .....	29
Figura 17 Tren de engranes de dos etapas.....	32
Figura 18 Dimensiones normalizadas para chavetas cuadradas según la norma UNE 17.102.h1.....	34
Figura 19 Acción de fuerzas sobre los ejes.....	39
Figura 20 Factor de geometría J en engranes rectos .....	41
Figura 21 Factor de sobrecarga sugerido.....	41
Figura 22 Factores de tamaño sugeridos .....	42
Figura 23 Factor de proporción del piñón, Cpf .....	42
Figura 24 Factor de alineamiento del engranado Cma .....	43
Figura 25 Actor de espesor de borde, KB.....	44
Figura 26 Factor dinámico, KV.....	45
Figura 27 Factor de resistencia flexionante por ciclos de esfuerzo, YN .....	47
Figura 28 Factor de confiabilidad Kr .....	48
Figura 29 Vista donde se ubicará la cadena. ....	50
Figura 30 Cadena de rodillos simples serie 06B norma DIN 8187 .....	55
Figura 31 variación cordal de velocidad .....	58
Figura 32 Representación de piñón de 3/8" de paso para una cadena 06B.....	59
Figura 33 Dimensiones de piñón de 3/8" de paso a diferente número de dientes.....	60

Figura 34 Vista superior de la disposición de la cadena -piñón .....	62
Figura 35 Disipación de componentes eléctricos .....	65
Figura 36 Criterios de selección de motores M1 y M2 .....	70
Figura 37 Personal de VCN retirando la grasa silicona saturada del TC-351 L-2240.....	72
Figura 38 Diagrama unifilar de la celda L-2240, demarcación del TC-351.....	74
Figura 39 Aplicación de goma silicona sobre IN4006 mediante método tradicional .....	75
Figura 40 Transformador de corriente 4011 y 4012 con goma RTV.....	75
Figura 41 Aplicación de goma silicona sobre Transformadores de corriente TC-4013 y 4014.....	76
Figura 42 Transformador de corriente 4013 y 4014 con goma RTV.....	77
Figura 43 Recubrimiento de goma silicona del IN-5162.....	78
Figura 44 Conexiones de compresor a pintura y equipo a pintar .....	79
Figura 45 Compresor usado para recubrir el con goma RTV al IN-5162 .....	79
Figura 46 Vista superior de interruptor IN-5162 preparado para aplicar goma RTV.....	80
Figura 47 Proceso de aplicación del recubrimiento de la silicona RTV .....	80
Figura 48 Recubrimiento total de goma RTV sobre IN-5162 .....	81
Figura 49 Gráfico de tiempo en la actividad y velocidad de pintado según el método de aplicación.....	84
Figura 50 Costo y velocidad de aplicación del Recubrimiento RTV .....	93
Figura 51 Cotización de la empresa Ferchale, para el engomado de la celda de la L-2240 .....	96
Figura 52 Resultado de la encuesta propuesta al área de mantenimiento.....	162

## Resumen

El presente trabajo tiene la finalidad de presentar una solución simulada mediante el diseño de un mecanismo para la aplicación del recubrimiento RTV en aisladores de equipos de alta tensión, el objetivo es optimizar las variables de trabajo, tiempo de duración de la actividad y costo de la actividad de recubrimiento de RTV.

La investigación fue preexperimental, dado que se fue perfeccionando el método de aplicación del recubrimiento lo cual afecta directamente a las variables de estudio. Para recolección de los datos se aplicaron las técnicas de observación, registro de datos y entrevista. Como resultado se obtuvo que el costo de la actividad por el método tradicional es de S/. 105,189.93 con un tiempo de aplicación total de 10 horas, mientras que, bajo el uso de tres mecanismos diseñados, el costo de la actividad es de S/. 100,097.30 con un costo por mecanismo de S/. 5,000.00 y un tiempo de aplicación menos a las 8 horas planificadas por trabajos.

En conclusión, usando el mecanismo planteado se tendría un avance de aplicación por metro cuadrado de 700% frente al método tradicional, con un periodo de recuperación de inversión de las 3 máquina en tres meses; además, el VAN bajo un flujo por trabajo mensual de S/. 5092.63 y a una tasa de interés del 12% anual representa una ganancia actual de S/. 42,317.95 4 de la misma manera el TIR nos indica que para la realización del presente diseño nos podemos apalancar de un crédito con un interés anual inferior al 33%.

**Palabras clave:** Aislante, recubrimiento RTV, corriente de fuga, condiciones ambientales.

## **Abstract**

The present work has the purpose of presenting a simulated solution through the design of a mechanism for the application of the RTV coating in insulators of high voltage equipment, the objective is to optimize the work variables, duration of the activity and cost of the RTV coating activity.

The research was pre-experimental, since the coating application method was perfected, which directly affects the study variables. For data collection, observation, data recording and interview techniques were applied. As a result, it was obtained that the cost of the activity by the traditional method is S/. 105,189.93 with a total application time of 10 hours, while, under the use of three designed mechanisms, the cost of the activity is S/. 100,097.30 with a cost per mechanism of S/. 5,000.00 and an application time less than the 8 hours planned for work.

In conclusion, using the proposed mechanism, there would be an application advance per square meter of 700% compared to the traditional method, with an investment recovery period of the 3 machines in three months: In addition, the VAN under a monthly workflow of S/. 5092.63 and at an annual interest rate of 12% represents a current gain of S/. 42,317.95 4 in the same way, the IRR tells us that to carry out this design we can leverage a loan with an annual interest of less than 33%.

Keywords: Insulator, RTV coating, leakage current, environmental conditions.

## **I.INTRODUCCIÓN**

Todas las subestaciones eléctricas de alta tensión cuentan con muchos equipos que cumplen diferentes funciones, pero la característica común para todos estos es la capacidad de aislamiento, esta evita que se presenten descargas eléctricas y de esta manera cortar el fluido eléctrico a una ciudad.

Las condiciones medioambientales y contaminación en la costa peruana deterioran el aislamiento; en la actualidad los equipos son recubierto con grasa silicona con el objetivo de mantener las condiciones de aislamiento, pero en la costa peruana esta grasa llega a saturarse entre 24 y 36 meses después de la aplicación o por pérdida de sus propiedades a consecuencia de lluvias intensas ocasionada por el fenómeno de niño. Por este motivo Osinergmin en su informe sistemas de transmisión críticos 2017 (Año pronosticado para el fenómeno del niño) incluye en su informe a la línea de transmisión L-6672 Propiedad de la empresa SEAL por presentar bajo nivel de aislamiento, con el objetivo de promover propuestas para evitar posibles fallas de esta línea.

Según las estrategias del mantenimiento, se tiene que, dependiendo de las condiciones ambientales en la costa peruana, los equipos pueden ser lavado con agua desionizada cada 3 a 6 meses, o renovación de grasa silicona cada 30 meses, pero en el futuro se quiere llegar a aplicar el recubrimiento con silicona RTV sobre el cuerpo de los aisladores, de esta manera lograr evitar fallos en el aislamiento hasta por 10 años.

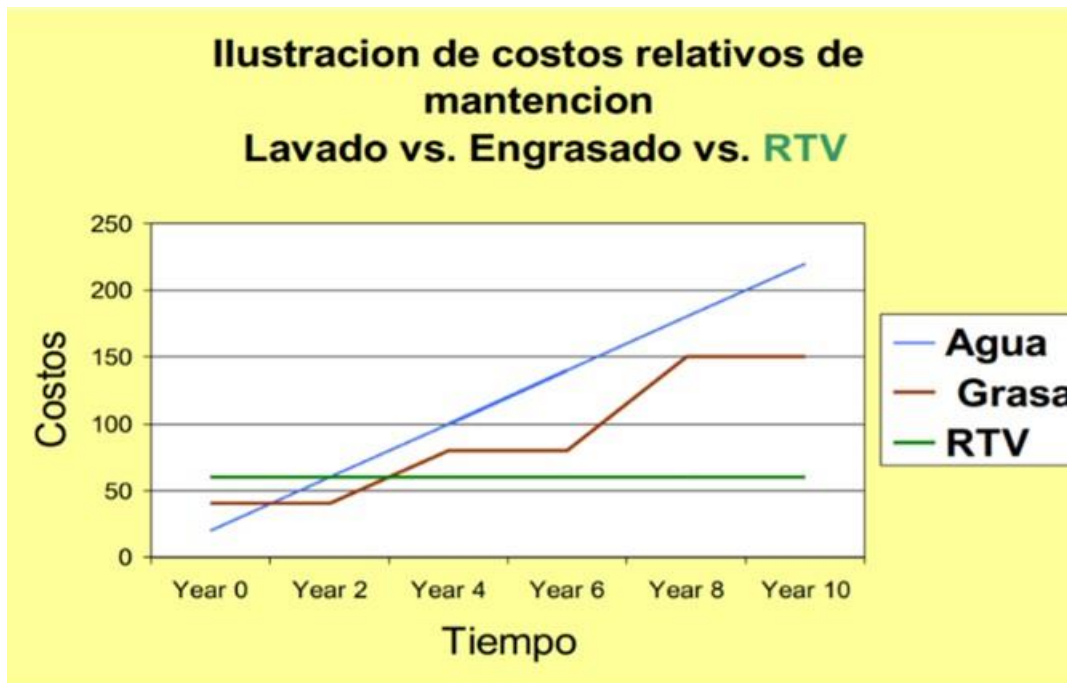


Figura 1 Costos de mantenimiento a lo largo del tiempo Lavado Vs Grasa Down Corning Vs Silicona RTV

Fuente: CSL SILICONES INC. La importante contribución de recubrimientos de silicona RTV para el funcionamiento de componentes y estructuras auxiliares en Subestaciones y Líneas de Transmisión.

El problema parece ser simple si solo miramos el lado técnico, puesto que esto nos llevaría a realizar el cambio de la grasa silicona por la silicona RTV, pero en esta decisión ingresa otras variables y una de las que más influyen y de manera significativa es el lado económico y el tiempo para culminar con éxito la actividad.

En la práctica realizar esta actividad en una celda de transmisión de 220 KV de configuración de doble barra, involucra cerca de 50 personas, entre personal de pintado, armadores de andamios, retirar de la silicona a cambiar, entre otras actividades. Además, del equipamiento, alrededor de 10 compresores, pistolas para pintar, andamios de 1, 2 y 3 cuerpos, entre otros. con lo que la actividad se vuelve compleja, lo cual nos lleva realizarla en mayor cantidad de tiempo superando las 8 horas que nominalmente se asignan para esta actividad, esto nos podría ocasionar una posible penalización por culminar la actividad fuera del horario establecido.



Debido a estas razones las empresas pretenden seguir con el método tradicional de mejoramiento de aislamiento mediante el recubrimiento con grasa silicona, lo cual nos lleva a tener mayores costos de mantenimiento en la operación de los equipos de alta tensión.

La Finalidad de realizar esta investigación es de automatizar el proceso de aplicación del recubrimiento RTV sobre los equipos eléctricos de alta tensión, mediante el diseño de una máquina que sea controlada por un operador y sus ayudantes, esto permitirá que los costos operativos sean mucho más económicos, los tiempos de aplicación mucho más bajos y evitar costos por pago de penalidades por extensión de la actividad de mantenimiento en líneas críticas.

Al plantearnos este proyecto de investigación nos formulamos la problemática ¿Será posible reducir los tiempos y costos relacionados a la aplicación de recubrimiento RTV de los aisladores de alta tensión mediante el diseño de una máquina automatizada de pintado? Y buscando los motivos o las justificaciones necesarias del por qué es necesaria su realización la justificamos desde varios puntos, primero desde una justificación teórica: El recubrimiento con silicona RTV disminuye las condiciones de corriente de fuga, hidrofobicidad y mejora el aislamiento hasta incluso después de 10 años de servicio.

La automatización de procesos siempre ha representado beneficios en la productividad, calidad, flexibilidad, seguridad, entre otros.

Ya que el presente proyecto va a tener una aplicación en los sistemas de transmisión eléctrica, actualmente concesionadas por empresas eléctricas que buscan mejorar sus servicios y ser eficiente en el uso de sus recursos para sus mantenimientos, se justificó desde un punto de vista económico, automatizar el proceso de pintado representará muchos beneficios entre los que se encuentra la mejora de la calidad de acabado y distribución de silicona, reducirá los tiempos operativos y prolongará el tiempo de vida de renovación del recubrimiento en los aisladores de alta tensión, lo cual se traduce en sustanciales beneficios económicos.

Por otro lado, nuestro proyecto no es ajeno a la sociedad, ya que actualmente la sociedad se mueve y ha crecido de manera significativa por el uso de las energías renovables y eficientes como lo es la energía eléctrica, teniendo un impacto

significativo. Por ello nuestro proyecto tiene una justificación social, la cual se basa en que los sistemas eléctricos que presentan buenos niveles de aislamiento disminuyen la probabilidad de falla, lo cual se traduce en mayor confiabilidad en la transmisión de energía eléctrica hasta el usuario final, de esta manera no se interrumpe el fluido eléctrico en ninguna actividad laboral de las personas.

Por otro lado, el diseño de una máquina para automatizar el pintado representará que el personal que mediante el método tradicional está expuesto a riesgo de caída por la altura a la que realiza el pintado estará más seguro, pues la actividad lo realizaría desde nivel del suelo.

Esta tesis tiene como objetivo general diseñar un mecanismo automatizado para optimizar costo y tiempo en la aplicación de silicona RTV en aisladores de las subestaciones de alta tensión. Para el lograr este objetivo se planteó algunos objetivos específicos que serán necesarios desarrollar entre los cuales tenemos el de diseñar el mecanismo estructural y eléctrico de la máquina de aplicación automática de goma silicona RTV. Así mismo el de medir los tiempos y costos de aplicación de silicona RTV mediante el método convencional, finalmente creímos necesario el elaborar un análisis económico del VAN y TIR del método tradicional frente al mecanismo automatizado de la aplicación de goma silicona.

Como hipótesis para esta investigación es que el diseño de un mecanismo automatizado mejorará la actividad de aplicación de recubrimiento RTV sobre los aisladores, optimizando el costo y tiempo de duración de la actividad.

## II.MARCO TEÓRICO.

Dentro del marco teórico nuestra investigación se basó en los antecedentes de investigación en el ámbito tanto internacional y nacional y local, por ello se realizó una exhaustiva selección de los casos que tienen relevancia para nuestro proyecto, en las siguientes líneas se muestran antecedentes del ámbito internacional.

- Pombo & Arteaga (2019) en el congreso internacional de mantenimiento y gestión de activos en su trabajo “Aplicación de recubrimiento de Hule Dieléctrico de Silicón en subestaciones de alta y media tensión en zonas con severa contaminación para eliminar el lavado en caliente basado en criterios CRD.” Con el objetivo de reducir el riesgo a la seguridad de las personas, equipos y el sistema eléctrico de potencia realiza el estado del arte en cuanto a las metodologías existentes en el mercado para eliminar la contaminación en el aislamiento de los equipos de potencia de las subestaciones, en la cual concluyen que con la aplicación de goma silicona en aislamiento externo de los equipos, se disminuye los costos de mantenimiento constante a los aisladores y además se aumenta la vida útil del material y/o equipo recubierto, en una disminución de los costos de reemplazo de componentes y de recurso para su mantenimiento.
- Alborán (2017) en su tesis “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de los equipos críticos de las principales subestaciones de la empresa de energía de Boyacá S.A. E.S.P. aplicado por la empresa asistencia técnica industrial Ltda.” Con el objetivo de establecer las actividades de mantenimiento realizado en los equipos de las subestaciones eléctricas, desarrolla un plan de mantenimiento preventivo que le permite a EBSA E.S.P optimizar las pérdidas económicas y disminuir las fallas. En su trabajo identifica ocho tipos de contaminantes sobre la superficie de los aisladores y menciona que el mantenimiento consiste en realizar la limpieza mediante el uso de una hidro lavadora. Entre la conclusión a la que llega menciona que se debe seguir los procedimientos establecidos para el mantenimiento y así lograr incrementar la confiabilidad de los equipos y del servicio eléctrico.
- Vargas & Reynoso (2019) en su trabajo de investigación, “Diseño de un Manipulador Industrial para Aplicaciones de Limpieza en Subestaciones Eléctricas”,

con el objetivo de diseñar, construir y operar de forma sencilla y eficiente un robot manipulador capaz de efectuar de forma segura tareas de limpieza y recubrimiento en los aisladores de vidrio y porcelana de las líneas aéreas de alta tensión. Realiza la integración de jóvenes estudiantes de ingeniería de la universidad de Querétaro al desarrollo del proyecto mediante el diseño, fabricación y ensamble de un prototipo. Concluyen diciendo que aun cuando el proyecto no está terminado, se describió la metodología en la que se basa este trabajo, las características del robot y el diseño de sus últimos dos grados de libertad. Sin duda habrá que enfrentar nuevos problemas no considerados, como la posibilidad de aumentar el peso del robot, en caso de que se requiera aumentar la resistencia en los eslabones principales, o bien problemas de vibraciones por el efecto del chorro en la boquilla del sistema de limpieza.

- Utkarsha (2018) en su trabajo “Automatic Wall Painting Machine” con el objetivo de desarrollar un robot para el pintado de pared en el exterior minimizando los costos en equipamiento e incrementar la seguridad el pintado de paredes en exterior de diversas construcciones, realiza la propuesta de un robot de pintado de mural exterior con un desplazamiento de extremo a extremo a través de una tubería, sobre el cual realiza la aplicación de una capa uniforme de pintura en aerosol sobre una pared, concluyendo así que esta máquina es muy útil para el pintado de cualquier forma en periodos cortos, teniendo una precisión comparada a la aplicación manual de pintura disminuyendo así las labores de pintado y los costos asociados.

- Vlastós (2018) en su trabajo de tesis “Monitoreo de corriente de fuga a la intemperie en aisladores de alta tensión de elastómeros de silicona y de porcelana, en condiciones de operación de costa marina” con el objetivo analizar la corriente de fuga en aisladores compuestos por elastómeros de silicona monitoreados durante dos severas tormentas salinas en la costa oeste de Suecia, desarrolla un sistema de adquisición de información de corriente de fuga, voltaje, y los parámetros meteorológicos (velocidad, dirección de viento, presión de aire y lluvias) los cuales fueron medidos con una muestra de 20 aisladores a lo largo de una línea de transmisión de 220KV. Concluyendo que el aislador que tenía un recubrimiento

RTV mantuvo sus propiedades incluso en 7 años de condiciones severas de tormentas salinas evitando así la formación de banda seca y posterior descarga sobre el aislador

Así como en el ámbito internacional, también tenemos proyectos relevantes e investigaciones realizadas en el ámbito nacional que van relacionadas con el tema a desarrollar el presente proyecto de investigación, a continuación, se desarrolla los antecedentes nacionales.

- Huamaní (2020), en su artículo técnico “Recubrimiento con silicona rtv para elementos de media tensión y alta tensión”, con el objetivo de recomendar el uso del Recubrimiento de polisiloxano vulcanizado a temperatura ambiente (RTV) en los equipos de patio de llaves de las subestaciones de alta tensión, realiza una comparación costo vs tiempo del mejoramiento de aislamiento mediante el lavado vs engrasado vs silicona RTV en la cual concluye que el recubrimiento de goma de silicona ofrece los mejores resultados referente a las condiciones ambientales desfavorables e hidrofobicidad previniendo así reducir riesgo de corriente de fuga y de descargas disruptivas (Flash-Over).
- Giles (2020) en su Tesis “Estudio de la aplicación del recubrimiento dieléctrico en aisladores de alta tensión en la línea de transmisión Trujillo Norte – Santiago de Cao L-1118/138kv” con el objetivo de evaluar el desempeño de los aisladores, conocer las causas de falla y establecer parámetros para la mejor selección del recubrimiento de protección del aislamiento sin que este pierda sus propiedades con el tiempo. En su trabajo señala que en la línea Trujillo norte a Santiago de Cao se ha recubierto los aisladores con Silgar que es un tipo de recubrimiento RTV. Concluye su trabajo haciendo una comparación de los resultados de las pruebas de aislamiento siendo con recubrimiento RTV – Silgar (98.179 G-Ohm), frente al recubrimiento con grasa silicona de solo 5.32 G-Ohm.
- COES (2016) En su informe del comité de técnico de análisis de falla EV-45 “Desconexión de la línea L-5036 (Ocoña – San Jose) de 500 kV” describe que a las 23:00:02 del día 23 de agosto del 2016 se produjo un re cierre de monofásico en la fase S de la línea de transmisión L-5036 a causa de una falla en la cadena de

aisladores de la fase S como consecuencia de ello los usuarios libres Minera Cerro Verde y Southern Perú redujeron su carga en 147.2 MW y 3.82 MW; a las 23:02:52 se produce la desconexión definitiva de la línea a causa de un falla monofásica a tierra en la fase T en extremo de la subestación Ocoña, como consecuencia de este siguiente evento Minera Cerro Verde redujo su carga en 56.80 MW. y minera las Bambas en 3.10 MW. Concluye su informe mencionado la causa de la falla es una pérdida de aislamiento en la cadena de aisladores dado que la componente resistiva de la impedancia de falla es más predominante que la componente reactiva.

Es notorio mencionar que nuestra realidad local no está ajena a los problemas suscitados en el ambiente internacional como el nacional, esto debido a que la tecnología usada es básicamente la misma y los microclimas que tenemos son muy similares o incluso presentan un grado de agresividad mayor, a continuación, se muestran los antecedentes locales.

- Ticona (2018) en el informe final de perturbaciones del SEIN con el objetivo de informar la interrupción del suministro eléctrico en la barra de 138 KV de la SE. Paramonga Existente propiedad de Statkraft desarrolla una descripción de la secuencia de evento de maniobras ejecutadas en los interruptores de potencia interrumpiendo un total de 34.86 MW de energía. Como conclusión narra que la interrupción se debió por la correcta actuación de la protección diferencial por la falla de pérdida de aislamiento de un aislador porta barra de la fase S.
- COES (2017) En su informe del comité de técnico de análisis de falla EV-42 “Desconexión de la SE. Huacho de 220 KV” describe de manera detallada en orden cronológico la secuencia de operaciones de apertura de los interruptores de las líneas asociadas a la subestación Huacho, esto a consecuencia de haberse producido una falla monofásica a tierra en la fase R de la barra B de la celda 2281 de 220KV. de titularidad de la empresa Statkraft, de esta manera se interrumpió con ello un suministro de 15.36 MW en la SE. Huacho y 33.03 MW por la desconexión de las centrales Santa Rosa y Quipico. Concluye su informe mencionado que la falla se debió a consecuencia de la pérdida de aislamiento en el aislador soporte y narrando las acciones correctivas tomadas por la empresa.

- Arenas (2016) en su informe técnico “Engomado de equipos con VCN” con el objetivo de mostrar los resultados del engomado de equipos de alta tensión realizados por VCN en la celda 2240 de la SE Chiclayo, realiza un estudio mediante la observación y registros de los tiempos tomados en cada una de las etapas de la actividad, en función de ello elabora y estima los gastos para el engomado de toda la celda de la línea L-2240 y compara el costo de realizar el engomado por la contratista VCN frente a la oferta de la empresa Ferchale, como conclusión menciona que engomar una celda que consta de 2 seccionadores de barra, 1 interruptor, 1 seccionador de línea 1 juego de TC's, 1 juego de TT's y 1 juego de Pararrayos se estima en \$US 13 270 o \$US 14 575, dependiendo si es día de semana o domingo frente a la propuesta de Ferchale que es de \$US 26 380, para la misma celda.

El aislamiento eléctrico es la separación eléctrica de dos partes, la parte energizada y la parte sin energizar, en las subestaciones eléctricas el aislamiento tiene doble función, la de dar un soporte mecánico y el de aislar eléctricamente un circuito energizado de otro sin energizar. Cuando el aislamiento está contaminado y sumado a la humedad, crea una línea de conducción eléctrica, de esta manera comienza a formarse una corriente de fuga de esto continuar puede desencadenar en una descarga eléctrica que tiene el potencial suficiente para hacer actuar las protecciones eléctricas, podría desenergizar líneas de transmisión de gran importancia en el sistema interconectado nacional o también destruir equipos relevantes para el sistema.

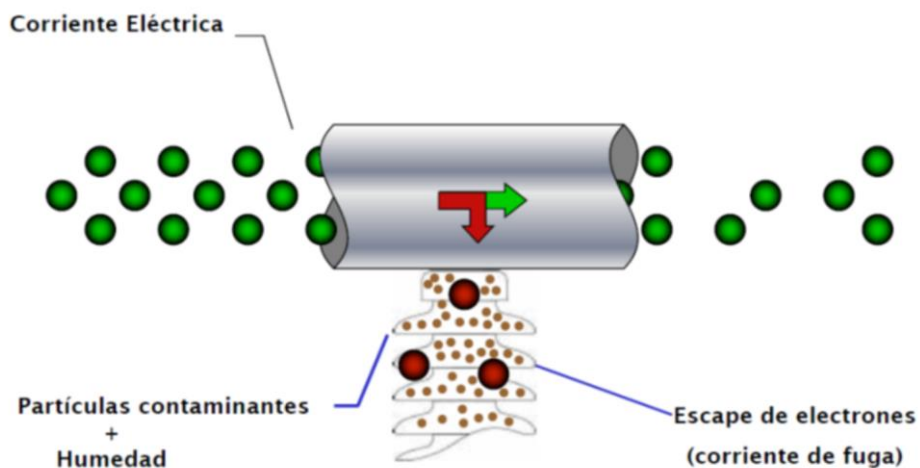


Figura 2 Contaminación de aislamiento.

Fuente : Recubrimiento con silicona rtv para elementos de media tensión y alta tensión.

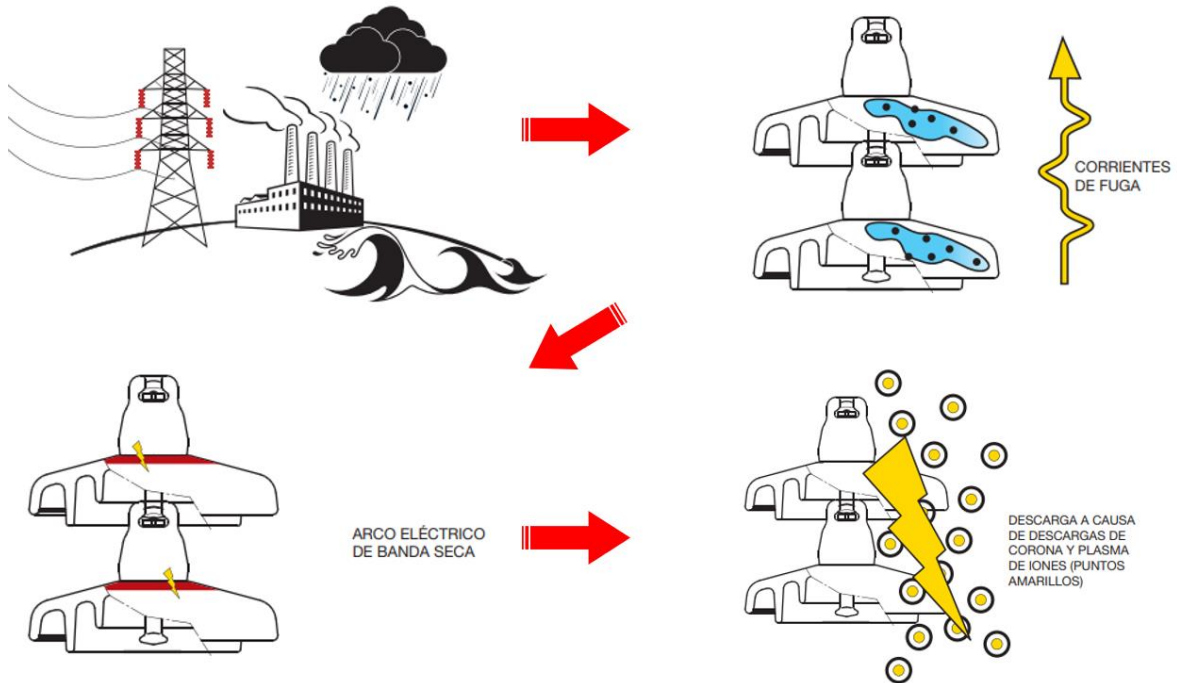


Figura 3 Causas y efectos de la corriente de fuga

Fuente: Recubrimiento de aisladores de alta tensión

La Silicona RTV tiene la capacidad de recubrir el aislador y prolongar la vida útil, similar a una capa de pintura, con la versatilidad de poder envolver las partículas de contaminación que se adhieren al aislamiento y limpiarlas fácilmente con un mantenimiento rápido de lavado del aislamiento.



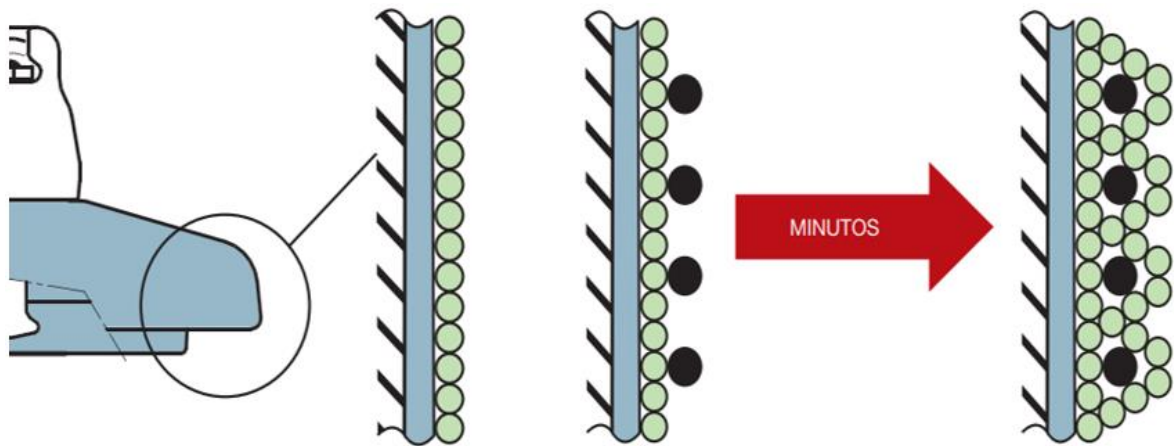


Figura 4 Silicona RTV recubriendo partículas de contaminación.

Fuente: Recubrimiento de aisladores de alta tensión

De esa manera no se forma las líneas de descarga sobre el aislador, además de este beneficio, suma la propiedad de hidrofobicidad, lo que evita acumulación de agua con proyección continua, favoreciendo la conservación del aislamiento, disminuyendo las descargas eléctricas y dar mayor confiabilidad al sistema eléctrico.

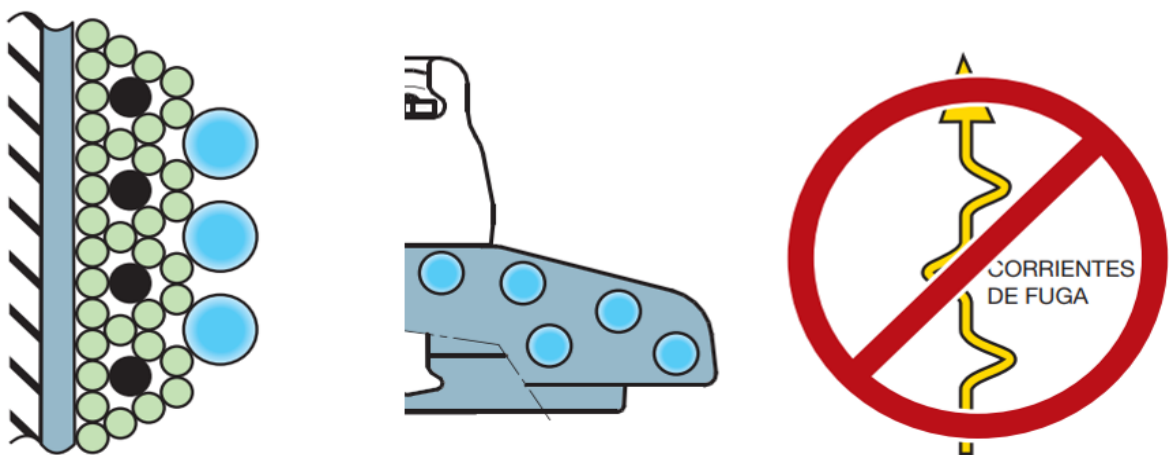


Figura 5 Fácil limpieza y eliminación de partículas de contaminación del aislamiento.

Fuente: Recubrimiento de aisladores de alta tensión

Cuando hay lluvia o sea el caso de mantenimiento por lavado del aislador, el agua arrastra de manera mucho más fácil las partículas de contaminación y por su hidrofobicidad no requiere un secado.

### III.METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1 Tipo de investigación

La investigación es considerada del tipo aplicada pues está determinada a buscar una solución al problema planteado mediante el conocimiento científico

##### 3.1.2. Diseño de la investigación

El diseño del presente proyecto de investigación es experimental, a manera más específica del tipo preexperimental, puesto que pretende conocer y evaluar la influencia de las variables dependientes, tiempo de aplicación de la silicona RTV y costo total de la actividad, mediante la influencia de un mecanismo automatizado para realizar el recubrimiento de los aisladores



Donde:

**G:** Grupo

**X:** Estímulo

**O1:** Observación de la variable dependiente pre - estímulo.

**O2:** Observación de la variable dependiente post estímulo.}

#### 3.2. Variable y operacionalización

Para el presente trabajo se tiene 3 variables que por su posición de causal se tienen, la variable independiente diseño de un mecanismo automatizado y su influencia sobre las variables dependientes tiempo de duración de la actividad y el costo de la aplicación de recubrimiento RTV.

#### 3.3. Población, muestra y muestreo

##### 3.3.1 Población

La población tomada en este estudio son las subestaciones eléctricas del Sistema de Transmisión Norte (STN) concesionada por la empresa Red de energía del Perú SA., iniciando en la subestación Zorritos hasta la subestación Paramonga Nueva.

### 3.3.2 Muestra

La muestra seleccionada para el proyecto de investigación por conveniencia está representada por las subestaciones Chiclayo Oeste 220 kV/ 60 kV (Celda de acoplamiento), Subestación Pariñas 220 kV (L-2248), Subestación La Niña 500 kV/ 220kV/ 138 kV (Celda del reactor R37), los trabajadores que participaron en estas actividades de engomado y la documentación de dichos trabajos.

<b>Subestación</b>	<b>Equipos</b>
Chiclayo oeste (Celda de acoplamiento)	Seccionador Transformador de corriente y tensión.
Pariñas (Celda L-2248)	Pararrayo Transformador de corriente y tensión. Seccionador
Laguna La Niña (Celda – R37)	Interruptor de potencia.

Tabla 1 Muestra de estudio.

Fuente: elaboración propia.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

#### 3.4.1 Técnicas e instrumentos

En la presente investigación se consideró aplicar las siguientes técnicas e instrumentos para la recolección de datos:

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
-----------------	---------------------

---

Encuesta	Cuestionario.
Observación	Ficha de observación
Entrevista	Guía de entrevista.
Análisis documental	Ficha de registro de datos

---

Tabla 2 Técnicas e instrumento de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia

El objetivo de aplicar una encuesta respecto a la variable diseño de un mecanismo automatizado, es poder conocer la percepción, nivel de aceptación de los colaboradores que participaron en la actividad de recubrimiento a los equipos de alta tensión con silicona RTV, además de conocer los criterios y recomendaciones para tener en cuenta en el diseño del mecanismo, de manera que cuando se implemente cubra las expectativas de los colaboradores y la empresa.

La ficha de observación sobre la variable tiempo de duración de la actividad, tiene por objetivo conocer el tiempo total que el personal le dedica a pintar la superficie de un equipo, esto con el fin de conocer las horas - hombre dedicado exclusivamente a pintar y por otro lado a la preparación para realizar el pintado; de esa manera conocer los tiempos muertos para la actividad y presentar alternativas para reducirlos.

Las Guías de entrevista presentarán la información general, instrucciones de llenado e indicarán que el objetivo de la aplicación de la entrevista es recolectar datos importantes y conocer de manera referencial el tiempo que los participantes estuvieron involucrados en las diferentes etapas de la actividad de recubrimiento de los equipos de alta tensión.

El análisis documental es una técnica que nos permitirá a través de las fichas de registros de datos, obtener datos de los costos asociados a la actividad y en los criterios que se subdivide.

### 3.4.2. Validez

La validación de los instrumentos aplicados en para la recolección de datos en el presente proyecto de investigación, fue realizada por personal que conoce del tema y está involucrada en buscar una solución al problema que se presenta en el aislamiento de los equipos de alta tensión, los formatos de validación se encuentran en los anexos 1, 2, 3 y 4

<b>Experto</b>	<b>Especialidad</b>
Ing. Walther E. Arenas Vines	Ing. Mecánico electricista.

Tabla 3 Validación de instrumentos de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5. Procedimiento

Para poder aplicar los instrumentos de recolección de datos planteados, en primer lugar, iniciaremos solicitando los permisos correspondientes a los representantes de la empresa, luego con su aprobación contactamos a los colaboradores que han participado en actividades de aplicación de recubrimiento RTV para poder aplicar las técnicas e instrumentos de recolección de datos según la variable que se desea evaluar.

Para el caso de la variable diseño de un mecanismo automatizado, se aplicará una encuesta mediante ella se conocerá la percepción de un grupo de trabajadores referente a la aplicación del recubrimiento RTV y la variable a estudiar. El cuestionario consta de 9 preguntas y los resultados serán estudiados mediante la escala de Likert.

Para la variable tiempo de duración de la actividad, se aplicará una ficha de observación, en ella se registrará el tiempo que representa la duración total de la aplicación del recubrimiento RTV sobre los aisladores, esta será dividida por criterios entre los cuales se separará el tiempo dedicado exclusivamente para el

pintado y para actividades complementarias, estos datos permitirán conocer los tiempos muertos en la actividad y proponer métodos alternativos para reducirlos.

Otro de los instrumentos a aplicar en esta misma variable es la entrevista, dado que varias de las actividades de recubrimiento sobre equipos de alta tensión ya se han dado, es necesario recabar esta información directamente de las personas que participaron en dichas actividades.

Respecto a la variable costos, se aplicará la técnica de análisis documental, para ello se buscará en la base de datos de la empresa los gastos incurridos en la actividad de la aplicación de silicona RTV y se tomará nota en la ficha de registro de datos. Los datos obtenidos en conjunto con los resultados en la ficha de observación nos permitirán inferir el tiempo que se requerirá para cubrir el aislamiento de toda una celda de una línea de transmisión.

### **3.6. Método de análisis de datos**

#### **a) Diseño de un mecanismo automatizado.**

La información recolectada será analizada mediante la escala de Likert, en la cual podremos conocer el nivel de aceptación de la propuesta de generar el diseño de un mecanismo automatizado para la aplicación de recubrimiento de silicona RTV en los aisladores de la subestación Chiclayo.

#### **b) Para el tiempo de duración de la actividad**

La información recolectada luego de aplicar los dos instrumentos de recolección de datos será analizada mediante el software Excel, con ello se calculará la velocidad de aplicación del recubrimiento RTV (m<sup>2</sup>/h) mediante el método tradicional y se infiere cuánto tiempo neto tomará aplicar el recubrimiento en todos los equipos de la celda en función de su superficie total. Estos datos también nos permitirán conocer cuál es la parte de la actividad que requiere mayor cantidad de horas hombre, para ello mediante un diagrama de Pareto se analizará las causas que generan mayor retraso en la actividad y sobre las cuales se tomarán las decisiones para hacer de la actividad más eficiente.

#### **c) Costos de la actividad de recubrimiento de RTV.**

La variable costo se verá directamente afectada por los cambios que se apliquen sobre la variable tiempo, además será analizada mediante el software Excel, en el cual se calculará el costo de aplicar un metro cuadrado de recubrimiento RTV, de esta manera se infiere el costo total de aplicar el recubrimiento sobre todos los equipos de una celda.

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente trabajo de investigación fue desarrollado teniendo en cuenta la autoría de la información utilizada tanto en el marco teórico, antecedentes, realidad problemática entre otros puntos dentro de la estructura, para ello se citó la información teniendo en cuenta la normativa vigente APA 7ma edición.

La información de las personas que participaron como fuente para la recolección de datos será tratada de manera imparcial y anónima, con el fin de evitar que las participantes se vean sugestionados a responder de alguna manera en las encuestas o generar sesgos en la investigación. Además, se tiene en cuenta y se respetó las directivas y lineamientos de la universidad Cesar Vallejo.

## IV.RESULTADOS

4.1 . **Desarrollo del objetivo 1:** Se diseñó mecanismo estructural y eléctrico de la máquina de aplicación automática de goma silicona RTV,

Se desarrolló el diseño de un mecanismo para el recubrimiento de goma RTV teniendo como base el seccionador de 220 KV Marca AEG Modelo FMS-414 con un tipo de aislador soporte C4-1050 según CEI 273



*Figura 6 Seccionador de corte central 220 kV Marca AEG Modelo FMS-414*

Fuente: Seccionador de barra B de Transformador de potencia T117 instalado de manera provisional en la Subestación Piura oeste



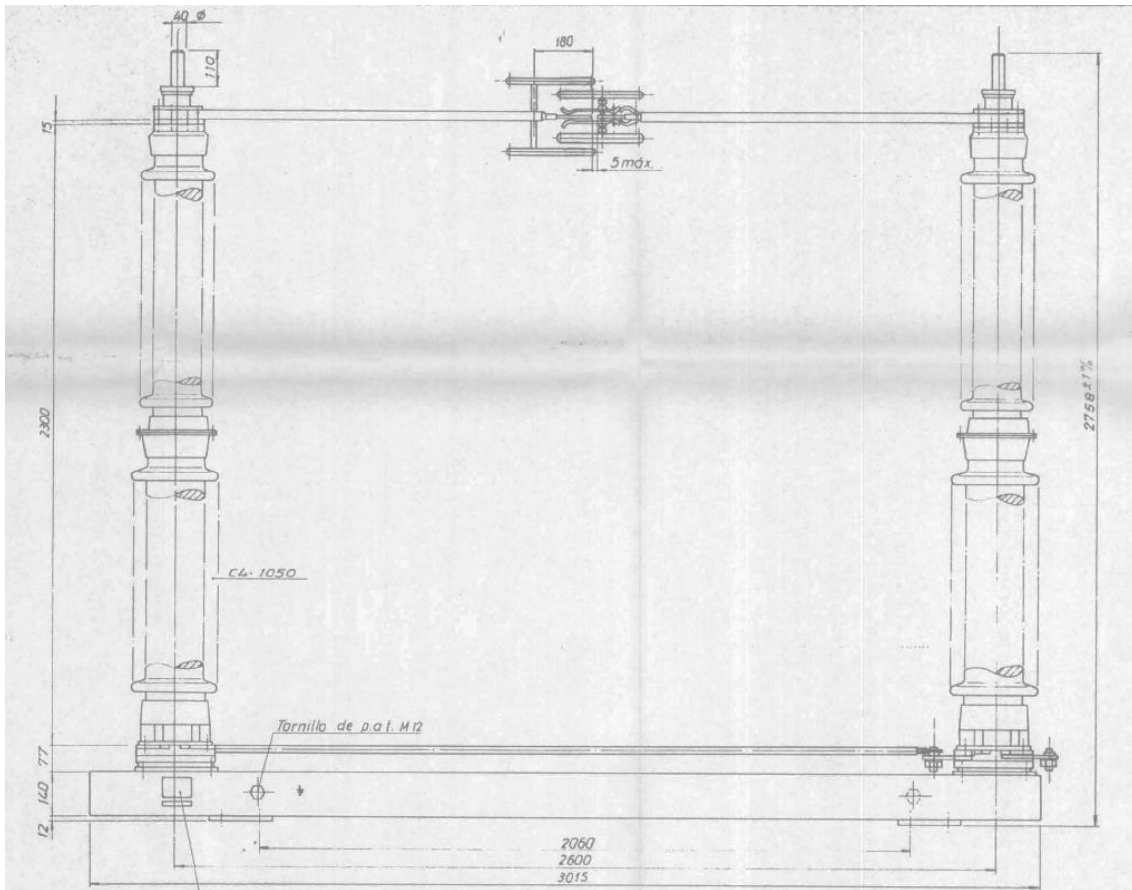


Figura 7 Dimensiones de Seccionador marca AEG Modelo FMS-414

Fuente: Manual de operación y mantenimiento de seccionador de la marca AEG modelo FMS -414

De las imágenes anterior podemos apreciar que el aislador del seccionador tiene dos cuerpos, y en la siguiente imagen podemos ver que el cuerpo aislante a pintar representa 990 mm. de lo cual se consideró para el presente diseño una altura neta de pintado de 1000 mm. la cual como desplazamiento vertical lo debe realizar en un periodo de 0.5 min.

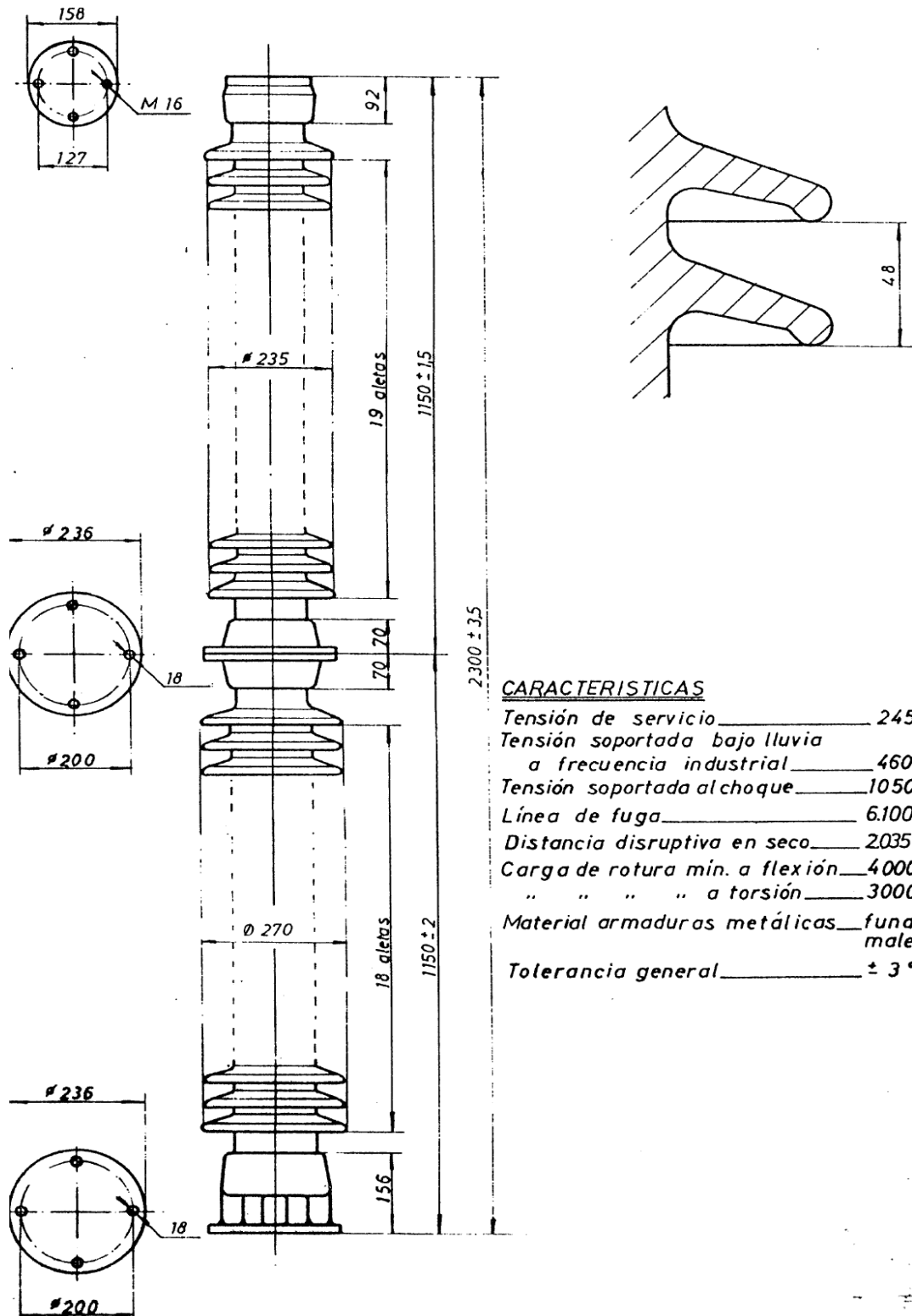


Figura 8 Plano de aislador soporte de cuchillas del seccionador Marca AEG Modelo FMS-414

Fuente: Manual de operación y mantenimiento de seccionador de la marca AEG modelo FMS -414

En la siguiente imagen se puede ver una vista isométrica referencial que se diseñó para la aplicación de la goma silicona.



Figura 9 Estructura referencial de máquina para aplicación de silicona RTV  
Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó al inicio del desarrollo del objetivo, las dimensiones generales del diseño planteado se bajan en un seccionador de potencia de 220 KV. Para lo cual el equipo de engomado debería tener las siguientes dimensiones.

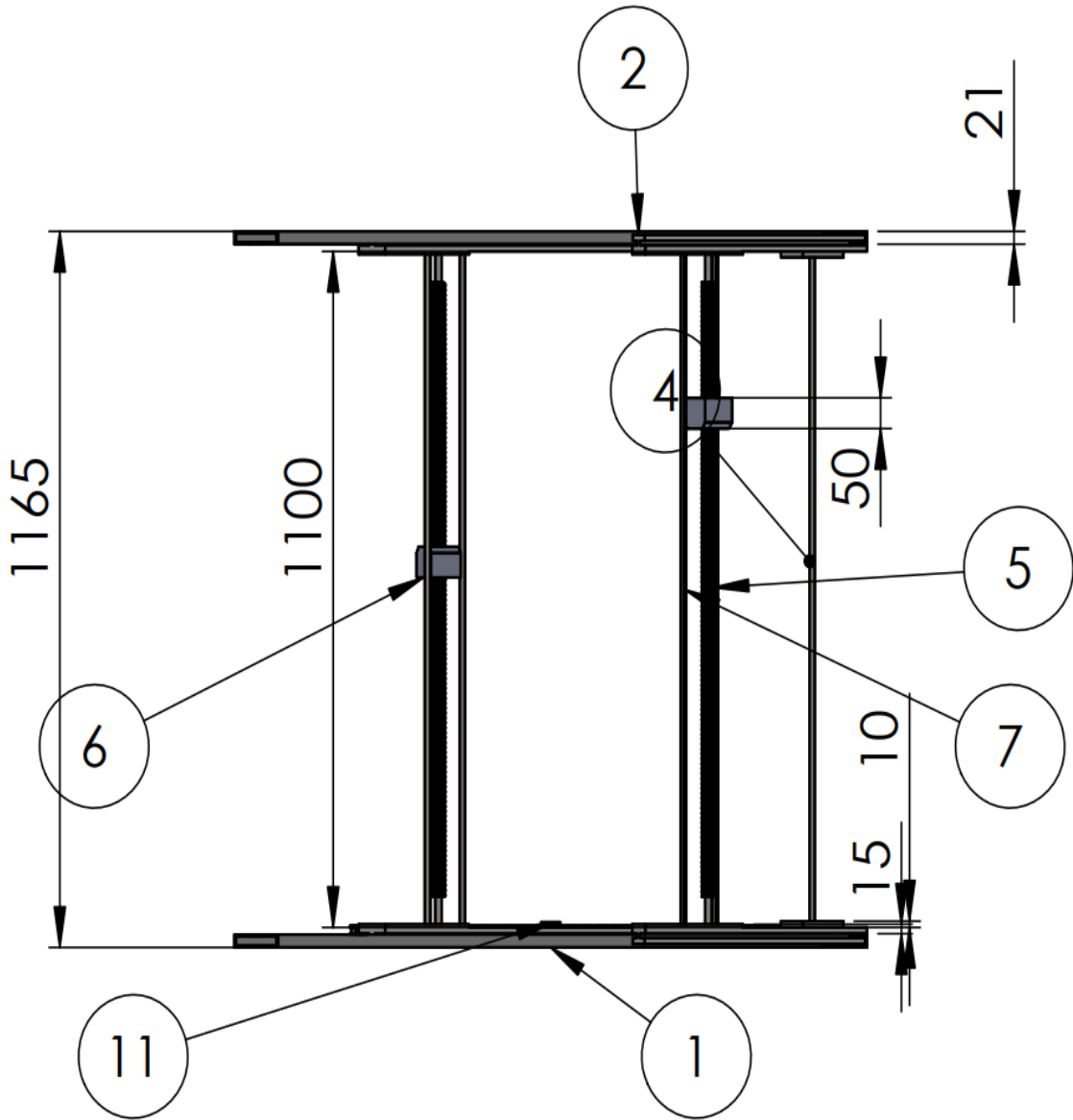


Figura 10 Vista frontal del equipo para aplicación de goma silicona  
Fuente: Elaboración propia.

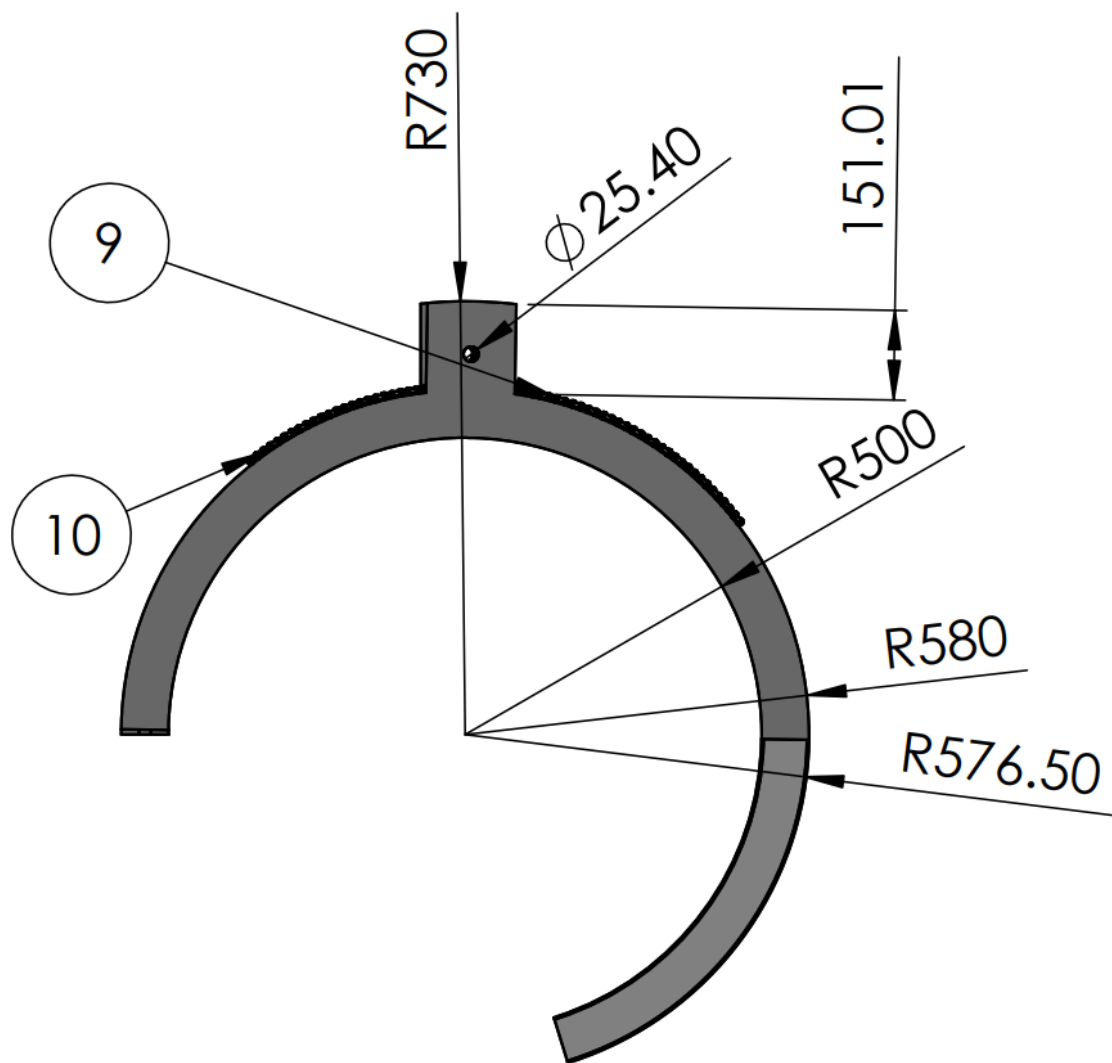


Figura 11 Vista superior del equipo para aplicación de goma silicona

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se muestran se muestran la lista de materiales de los elementos que son necesarios para la construcción del diseño planteado.

N° de Elemento	Nombre de Pieza	Descripción	Cantidad
1	Base Fija	Aleación de aluminio 1060	2
2	Base deslizante	Aleación de aluminio 1060	2
4	Eje Soporte	Acero inoxidable recosido	1
5	Eje vertical	Acero inoxidable recosido	2
7	Eje soporte vertical	Acero inoxidable recosido	4
11	Piñón	Acero inoxidable recosido	1

Tabla 4 Materiales de piezas usadas en el diseño de maquina engomado

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1 Diseño de tornillo sin fin

En la figura 5 se puede ver que el diseño consta de dos ejes sin fin los cuales serán diseñados de acuerdo con las dimensiones generales requeridas para el seccionador de 220 Kv.

Para el diseño del tornillo sin fin se requirió de los siguientes datos ( $D_w$ ,  $P_d$ ,  $n_w$ ,  $N_w$ ,  $V_{tw}$ )

**$D_w$ ,** Diámetro exterior del tornillo sin fin, será considerado como  $\frac{3}{4}$  pulg.

**$P_d$ ,** Paso diametral, de manera convencional se tiene los siguientes datos (48, 32, 24, 16, 8, 6, 5, 4, 3 pulg)

**$n_w$ ,** Velocidad en rpm del tornillo

**$N_w$ ,** Número de entradas del tornillo sin fin

**$V_{tw}$ ,** Velocidad de línea en el tornillo sin fin. (Ft/min)

Se partió de la consideración de que el equipo debe desplazarse 1 m. en 0.5 min se tiene:

$$1 \text{ m.} = 3.937 \text{ ft}$$

$$V_{Tw} = \frac{3.937}{0.5} = 7.874 \text{ ft/min}$$

$$D_w = d_{\text{primitivo}} + 2S$$

$$d_{\text{primitivo}} = \frac{N_w}{P_d} \quad ; \quad S = 0.3183 * P' \quad ; \quad P' = \frac{\pi}{p_d}$$

$$\frac{3}{4} = \frac{1}{dp} + 2 \left( \frac{0.3183 \pi}{dp} \right)$$

$$dp = 3.999 \approx 4 \text{ pulg.}$$

El paso diametral es similar a los pasos diametrales usados convencionalmente, por lo que tomamos 4 pulgadas.

$$P' = \frac{\pi}{p_d} = 0.7854 \text{ pulg.}$$

$$L = N_w \times P' = 1 \times 0.7854 = 0.7854 \text{ pulg.}$$

### Ángulo de avance $\lambda$

$$\lambda = \tan^{-1} \left( \frac{L}{\pi \times D_w} \right)$$

$$\lambda = \tan^{-1} \left( \frac{0.7854}{\pi \times 3/4} \right) = 18.4349^\circ$$

En base a la ya calculada velocidad de línea se calculó la velocidad a la que debe girar el tornillo sin fin

$$V_{tw} = \frac{\pi \times D_w \times n_w}{12}$$

$$7.784 = \frac{\pi \times \frac{3}{4} \times nw}{12}$$

$$nw = 40 \text{ rpm}$$

Para recorrer una velocidad de  $7.874 \text{ ft/min}$  el tornillo debe girar a una velocidad de 40 rpm.

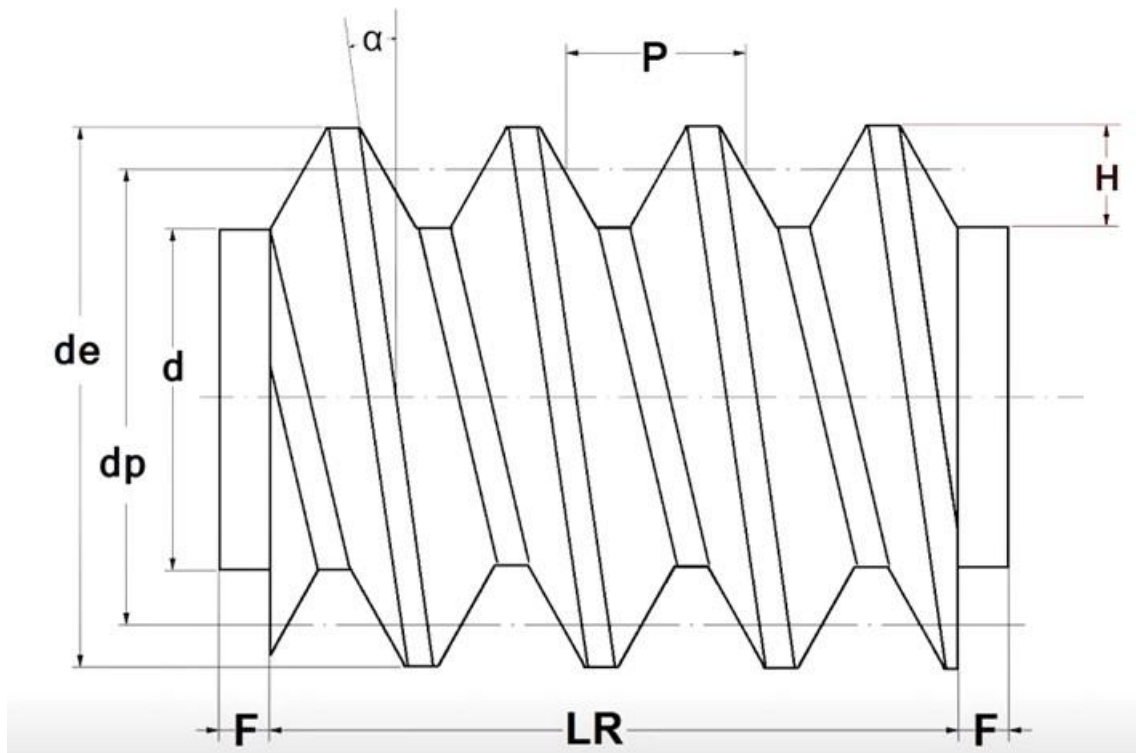


Figura 12 Parámetros de diseño de tornillo sin fin

Fuente: Diseño de elementos de máquinas cuarta edición de Robert L. Mott, P.E. Capítulo 10. Engranajes helicoidales, cónicos y de tornillo sin fin y corona

$$\text{Módulo del tornillo sin fin; } M = \frac{p}{\pi} = \frac{0.7854}{\pi} = 0.25$$

$$\text{Altura de diente; } H = 2.167(0.25) = 0.5418$$

$$\text{Diámetro exterior de dato; } De = \frac{3}{4}$$



Ángulo de hélice;  $\alpha = 18.4349^\circ$

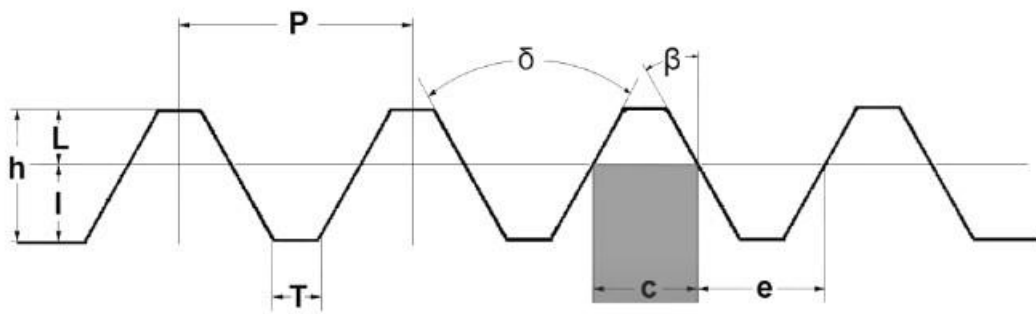


Figura 13 Parámetros de diseño en dientes de sin fin

Fuente: Diseño de elementos de máquinas cuarta edición de Robert L. Mott, P.E.  
Capítulo 10. Engranajes helicoidales, cónicos y de tornillo sinfín y corona

Espesor de filete;  $e = \frac{p}{2} = \frac{0.7854}{2} = 0.3927$

Espacio entre filete;  $c = \frac{p}{2} = \frac{0.7854}{2} = 0.3927$

Altura del pie del diente  $l = m = 0.25$

Para los valores del ángulo  $\beta$  se tienen:

$\beta = 14^\circ 30'$  ; Para filete normal.

$\beta = 20^\circ$  ; Para filete reforzado.

$\beta = 30^\circ$  ; Para pasos largos.

Ancho de la punta de cuchilla para roscar;

$$T = \left[ \left( \frac{P(\cot \beta)}{4} \right) - l \right] (2 \tan \beta)$$

$$T = \left[ \left( \frac{0.7854(\cot(14^\circ 30'))}{4} \right) - 0.25 \right] (2 \tan 14^\circ 30')$$

$T = 0.263 \text{ pulg.}$

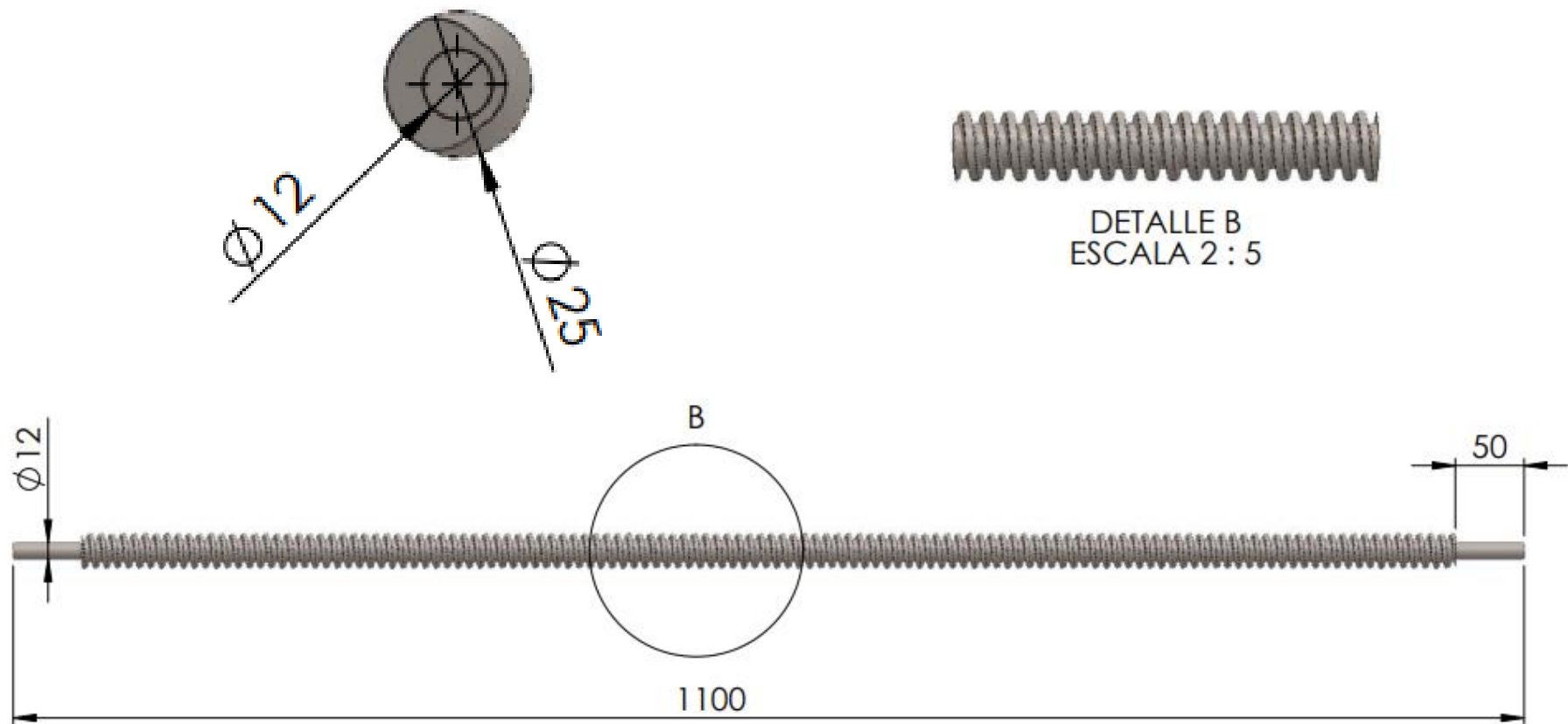


Figura 14 Planos de Ejes sin fin de máquina de engomado

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2 Diseño de engrane

En la siguiente figura se muestra el lugar donde estará dispuesto el reductor de velocidad, mediante un motor que ya será controlado previamente la velocidad mediante la reducción de la tensión de alimentación, el reductor de velocidad transmitirá movimiento circular al eje del tornillo sin fin, por otro lado como se ve en la imagen, sobre el tornillo sin fin se desliza un acople para aspersor con forma a un cubo, este será limitado para que su desplazamiento sea solo vertical, para ello se coloca dos ejes que restringen el movimiento.

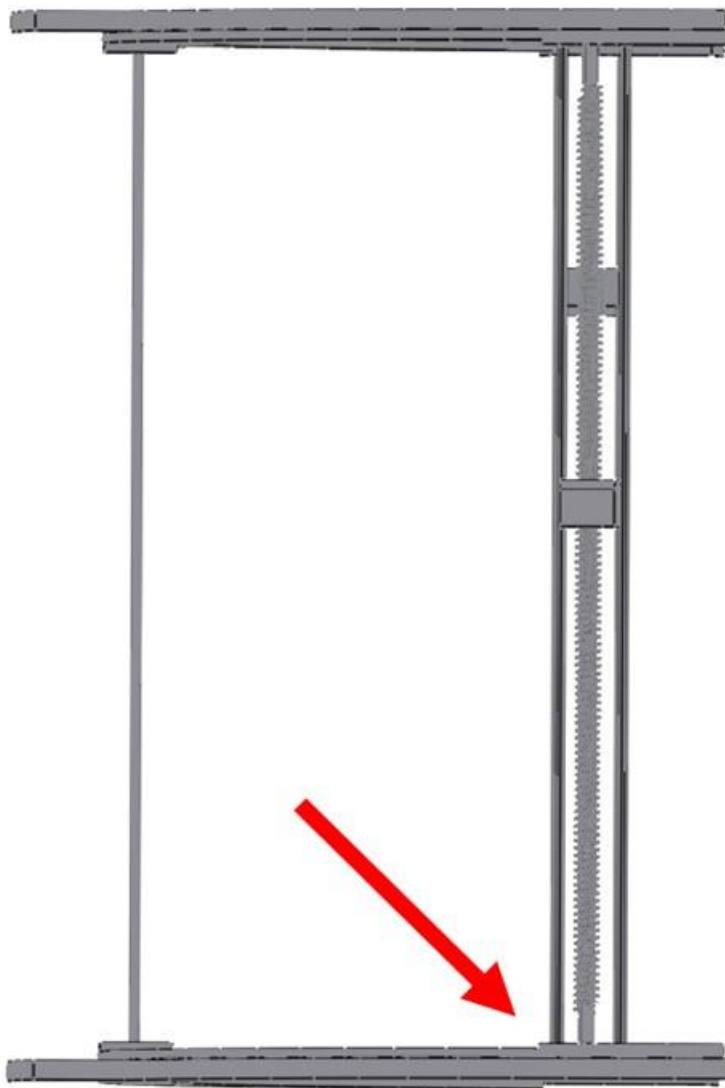


Figura 15 Disposición para reductor de velocidad  
Fuente: Elaboración propia.

- **Datos previos para cálculo.**

<b>Potencia del motor</b>	0.33 hp	246.18 W
<b>Velocidad de entrada</b>	1500 rpm	
<b>Velocidad con control de tensión</b>	750 rpm	
<b>Velocidad de salida</b>	40 rpm	
<b>Relación de transmisión total</b>	18.75	
<b>Relación de transmisión por etapa</b>	4.33	

Tabla 5 Datos para cálculo de engranajes

Fuente: Elaboración propia

- **CÁLCULOS PREVIOS: DIÁMETRO DEL EJE POR RIGIDEZ TORSIONAL**

La velocidad del motor según la placa de datos especifica que es de 1500 rpm, pero debido a que contamos con restricciones respecto a espacio y peso se consideró hacer un control de velocidad por medio del control de la tensión, de tal manera que en la salida del eje del motor se tenga una velocidad igual a la mitad de la velocidad de placa, para este caso sería de 750 rpm.

Velocidad en el eje de entrada es de 750 rpm

Velocidad en el eje intermedio es  $\omega_1 = \frac{750}{4.33} = 173.21 \text{ rpm}$

Velocidad en el eje de salida es de 40 rpm

En función de los resultados de velocidades angulares obtenidas se calculó el par torsor en el eje.

$$T (Nm) = \frac{P(W)}{\omega \left( \frac{rad}{s} \right)}$$

Torque en el eje de entrada:

$$T (Nm) = \frac{246.18 \times 60}{750 \times 2\pi n} = 3.13 Nm.$$

Torque en el eje intermedio:

$$T (Nm) = \frac{246.18 \times 60}{173.21 \times 2\pi n} = 13.57 Nm.$$

Torque en el eje de salida:

$$T (Nm) = \frac{246.18 \times 60}{40 \times 2\pi n} = 58.77 Nm.$$

Por causa de que los ejes deben transmitir la potencia de manera uniforme, se ha tomado como dato limitar la deflexión torsional a  $0,25^\circ$  por cada metro de longitud. Por lo mismo de la ecuación siguiente se entiende que para un momento torsor  $T$ , que se aplica sobre una longitud  $L$  en una sección de momento polar de inercia  $J$  será igual al dato mencionado anteriormente.

$$\theta = \frac{TL}{JG}$$

Al considerar una sección circular.

$$\frac{\theta}{L} = \frac{32T}{\pi d^4 G}$$

Al ser para el material de acero  $G = 8,1 \times 10^{10} N/m^2$ .

Por otro lado, dado que las unidades a trabajar son con el SI, llevaremos el dato anterior a radianes.

$$\left. \frac{\theta}{L} \right|_{max} = 0.25^\circ/m = 4.363 \times 10^{-3} N/m^2$$

Para el cálculo de los diámetros de los ejes se usará la siguiente formula.

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{32T}{\pi \times 8.1 \times 10^{10} \times 4.363 \times 10^{-3}}}$$

$$d_e \geq \sqrt[4]{\frac{32 \times 3.13}{\pi \times 8.1 \times 10^{10} \times 4.363 \times 10^{-3}}} = 0.017 m.$$

$$d_e \geq \sqrt[4]{\frac{32 \times 13.57}{\pi \times 8.1 \times 10^{10} \times 4.363 \times 10^{-3}}} = 0.025 m.$$

$$d_e \geq \sqrt[4]{\frac{32 \times 58.77}{\pi \times 8.1 \times 10^{10} \times 4.363 \times 10^{-3}}} = 0.036 m.$$

En la siguiente tabla podemos ver el resumen de los cálculos desarrollados anteriormente, los cuales serán tomados en cuenta para los posteriores cálculos

	Velocidad angular W (rpm)	Par torsor (Nm)	Par torsor T (Nm.)	Diámetro (m.)
<b>Etapa 1</b>	750		3.134	0.0173
<b>Etapa 2</b>	173.21		13.573	0.0250
<b>Etapa 3</b>	40		58.771	0.0361

Tabla 6 Resumen de resultados en las 3 etapas

Fuente: elaboración propia

Los diámetros calculados en las ecuaciones anteriores han sido calculados para lugares donde se ejerce el momento torsor, para nuestro caso como se muestra en la siguiente imagen

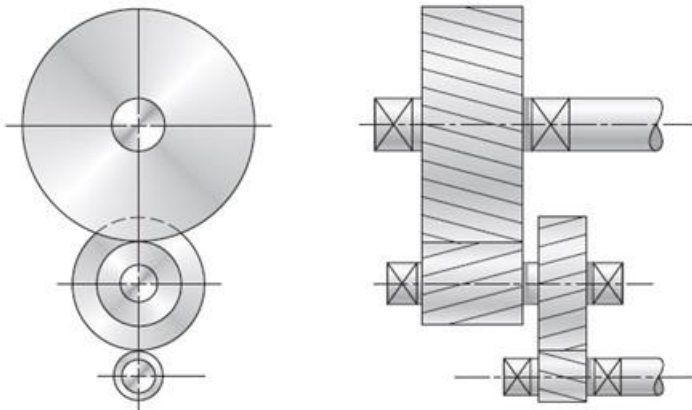


Figura 16 Tren de engranes de dos etapas

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica de Shigley 9na Edición

Teniendo en cuenta que los esfuerzos están sometidos en el centro del eje es necesario que estas secciones sean evaluadas con criterios de fatiga y límite de flexión.

- **Módulo y número de dientes**

Para determinar el módulo y número de dientes es necesario primero partir por el diámetro mínimo del piñón.

$$d_{\text{piñón}}^{\text{mínimo}} = d_{\text{eje}} + 2 \times (h_2 + L_{\text{seguridad}} + h_a)$$

Donde:

- $h_2$  Es la profundidad del cubo de la chaveta.
- $L_{\text{seguridad}}$  Es una distancia de seguridad escogida como 2.m
- $h_a$  Es la altura de adendo, 1.25.m en dientes normalizados de perfil envolvente.

En la siguiente figura podemos ver los valores que puede tomar  $h_2$  en función del diámetro del eje, para nuestro caso para la etapa 1 el valor a tomar en consideración es de 2.8 y para la etapa 2 sería de 3.3

Diámetros del eje $d$		Sección de la chaveta $b \times h$	Chavatero										Chafilán $P_1$	
			Ancho $h$					Profundidad						
más de	hasta	Nominal	Tolerancia						Eje $h_1$		Cubo $h_2$		Mínimo	Máximo
			Clase de ajuste del enchavetado						Nomi- nal	Tole- rancia	Nomi- nal	Tole- rancia		
			Libre		Normal		Ajustado							
Eje H 9	Cubo D 10	Eje N 9	Cubo Js 9	Eje y cubo P 9	Nomi- nal	Tole- rancia	Nomi- nal	Tole- rancia	Mínimo	Máximo				
6	8	2 × 2	2	+ 0,025	+ 0,060	- 0,004	± 0,0125	- 0,006	1,2	+ 0,1	1	+ 0,1	0,08	0,16
8	10	3 × 3	3	0	+ 0,020	- 0,029		- 0,031	1,8		1,4		0,08	0,16
10	12	4 × 4	4	+ 0,030	+ 0,078	0	± 0,015	- 0,012	2,5	0	1,8	0	0,08	0,16
12	17	5 × 5	5	0	+ 0,030	- 0,030		- 0,042	3		2,3		0,16	0,25
17	22	6 × 6	6						3,5	0	2,8	0	0,16	0,25
22	30	8 × 7	8	+ 0,036	+ 0,098	0	± 0,018	- 0,015	4		3,3		0,16	0,25
30	38	10 × 8	10	0	+ 0,040	- 0,036		- 0,051	5	0	3,3	0	0,25	0,40
38	44	12 × 8	12						5		3,3		0,25	0,40
44	50	14 × 9	14	+ 0,043	+ 0,120	0	± 0,0215	0,018	5,5	+ 0,2	3,8	+ 0,2	0,25	0,40
50	58	16 × 10	16	0	+ 0,050	- 0,043		- 0,061	6		4,3		0,25	0,40
58	65	18 × 11	18						7	0	4,4	0	0,25	0,40
65	75	20 × 12	20						7,5		4,9		0,40	0,60
75	85	22 × 14	22	+ 0,052	+ 0,149	0	± 0,026	- 0,022	9	0	5,4	0	0,40	0,60
85	95	25 × 14	25	0	+ 0,065	- 0,052		- 0,074	9		5,4		0,40	0,60
95	110	28 × 16	28						10	+ 0,3	6,4	+ 0,3	0,40	0,60
110	130	32 × 18	32						11		7,4		0,40	0,60
130	150	36 × 20	36						12	0	8,4	0	0,70	1,00
150	170	40 × 22	40	+ 0,062	+ 0,180	0	± 0,031	- 0,076	13		9,4		0,70	1,00
170	200	45 × 25	45	0	+ 0,080	- 0,062		- 0,088	15	0	10,4	0	0,70	1,00
200	230	50 × 28	50						17		11,4		0,70	1,00
230	260	56 × 32	56						20	0	12,3	0	0,70	1,00
260	290	63 × 32	63	+ 0,074	+ 0,220	0	± 0,037	- 0,032	20		12,4		1,20	1,60
290	330	70 × 36	70	0	- 0,100	- 0,074		- 0,106	22	0	14,4	0	1,20	1,60
330	380	80 × 40	80						25		15,4		2,00	2,50
380	440	90 × 45	90	+ 0,087	+ 0,260	0	± 0,0435	- 0,037	28	0	17,4	0	2,00	2,50
400	500	100 × 50	100	0	+ 0,120	- 0,087		- 0,124	31		19,5		2,00	2,50

Figura 17 Dimensiones normalizadas para chavetas cuadradas según la norma UNE 17.102.h1

Fuente: Diseño y cálculo de un reductor de velocidad con relación de transmisión 16,01 y par máximo a la salida de 2388 nm



Para determinar el número de dientes del piñón se empleó la siguiente fórmula en función del diámetro mínimo del piñón.

$$Z_{\text{piñón}}^* = \frac{d_{\text{piñón}}^{\text{mínimo}}}{m_{\text{etapa}}}$$

Para el caso en que el resultado nos de valores no enteros se redondeó al siguiente.

En el mismo sentido para el cálculo de dientes en la rueda se usará el número de dientes calculados anteriormente en función de la relación de transmisión de la primera etapa.

$$Z_{\text{rueda}}^* = Z_{\text{piñón}}^* \times i_{\text{etapa}}^{\text{propuesta}}$$

De la misma manera al tener como resultados valores no enteros seleccionamos el siguiente.

Una vez que se hayan realizado los cálculos y al redondear el número de dientes al entero siguiente, se procedió a calcular la relación real de las etapas, además para encontrar la distancia entre centros se usó la siguiente fórmula.

$$D_{\text{centro}} = \frac{m_{\text{etapa}}}{2} (Z_{\text{rueda}}^* + Z_{\text{piñón}}^*)$$

Finalmente se calculó el diámetro primitivo mediante el uso de la siguiente fórmula.

$$\phi_p = m \times z$$

m	L segur	ha	dmin piñón	Z piñón (calc.)	Z piñón (Real)	Z Rueda (calc.)	Z Rueda (Real)	i real	D Centros
1	2	1.25	29.1	29.100	30	129.90	130	4.33	80.00
1.25	2.5	1.562	30.725	24.580	25	108.25	108	4.32	83.13
1.5	3	1.875	32.35	21.567	22	95.26	95	4.32	87.75
1.75	3.5	2.187	33.975	19.414	20	86.60	87	4.35	93.63
2	4	2.5	35.6	17.800	18	77.94	78	4.33	96.00
2.75	5.5	3.437	40.475	14.718	15	64.95	65	4.33	110.00
<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3.75</b>	<b>42.1</b>	<b>14.033</b>	<b>15</b>	<b>64.95</b>	<b>65</b>	<b>4.33</b>	<b>120.00</b>
5	10	6.25	55.1	11.020	12	51.96	52	4.33	160.00
6	12	7.5	61.6	10.267	11	47.63	48	4.36	177.00
8	16	10	74.6	9.325	10	43.30	43	4.30	212.00
10	20	12.5	87.6	8.760	9	38.97	39	4.33	240.00
12	24	15	100.6	8.383	9	38.97	39	4.33	288.00

Tabla 7 Tabla de resultados para la selección del mejor par de engranes etapa 1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se presenta un resumen con todos los resultados aplicando el software Excel, todos estos cálculos se dan en función del módulo; de estos datos se analizó el mejor escenario de par de engranajes que nos aporten un menor tamaño y peso, dado que, para nuestro caso, este es un punto crítico.

Bajo el mismo escenario realizamos el procedimiento para el cálculo de los engranajes de la segunda etapa, para nuestro caso se usó el software Excel aplicando las fórmulas ya mencionadas anteriormente, por lo cual se presenta la tabla resumen con los resultados obtenidos.

m	L seguri	ha	dmin piñón	Z piñón (calc)	Z piñón (Real)	Z Rueda (calc)	Z Rueda (Real)	i real	D Centros
1	2	1.250	38.1	38.100	39	168.87	169	4.33	104.00
1.25	2.5	1.563	39.725	31.780	32	138.56	139	4.34	106.88
1.5	3	1.875	41.35	27.567	28	121.24	121	4.32	111.75
1.75	3.5	2.188	42.975	24.557	25	108.25	108	4.32	116.38
2	4	2.500	44.6	22.300	23	99.59	100	4.35	123.00
2.75	5.5	3.438	49.475	17.991	18	77.94	78	4.33	132.00
3	6	3.750	51.1	17.033	18	77.94	78	4.33	144.00
5	10	6.250	64.1	12.820	13	56.29	56	4.31	172.50
6	12	7.500	70.6	11.767	12	51.96	52	4.33	192.00
8	16	10.000	83.6	10.450	11	47.63	48	4.36	236.00
10	20	12.500	96.6	9.660	10	43.30	43	4.30	265.00
12	24	15.000	109.6	9.133	10	43.30	43	4.30	318.00

Tabla 8 Tabla de resultados para la selección del mejor par de engranes etapa 2

Fuente: Elaboración propia

En resumen, para la primera etapa se seleccionó un par de engranajes con un módulo de 3, mientras que para la segunda etapa se ha seccionado un par de engranajes que tengan un módulo de 2.75, esto teniendo en consideración las restricciones de espacio y peso que se requiere para este equipo.

En resumen, de los cálculos mostrados se puede tener los siguientes resultados:

<b>Etapa</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Módulo</b>	3	2.75
<b>Z Piñón</b>	15	18
<b>Z rueda</b>	78	78
<b><math>\phi</math> piñón (mm) (Diámetro Primitivo)</b>	45	214.5

$\phi$ rueda (mm) (Diámetro Primitivo)	54	214.5
I real	4.32	4.32

Tabla 9 Resumen de resultados de sección de engranajes etapas 1 y 2

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los cálculos en referencia a los ejes se presenta la siguiente tabla resumen.

	Velocidad angular W (rpm)	Par torsor (Nm)	Par torsor T (Nm.)	Diámetro (m.)
<b>Etapa 1</b>	750		3.134	0.0173
<b>Etapa 2</b>	173.21		13.573	0.0250
<b>Etapa 3</b>	40		58.771	0.0361

Tabla 10 Resumen de resultados en los ejes

Fuente: Elaboración propia

### Acciones entre dientes con perfil envolvente

Para el cálculo de las fuerzas actuantes en el diente de engranaje (Fuerza tangencial y radial), teniendo en cuenta que el ángulo de presión  $20^\circ$ , el par torsor y los diámetros primitivos usamos la siguiente fórmula

$$F_t = \frac{T_1}{d_1/2} = \frac{T_2}{d_2/2}$$

$$F_r = F_t \times \text{tg}(\alpha)$$

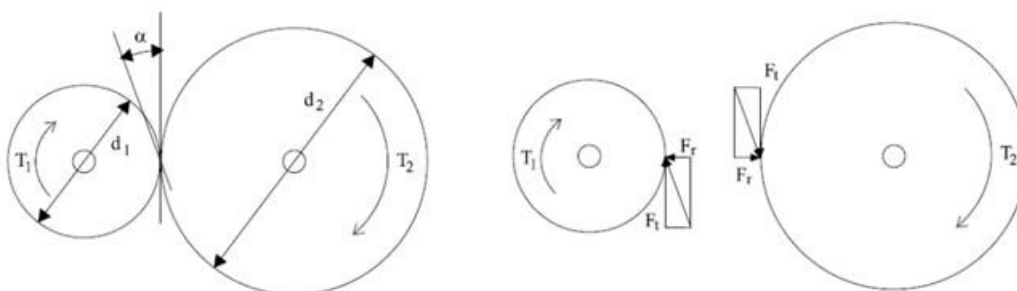


Figura 18 Acción de fuerzas sobre los ejes.

Fuente: Diseño y cálculo de un reductor de velocidad con relación de transmisión 16,01 y par máximo a la salida de 2388 nm

Para el cálculo de las fuerzas actuantes tomamos como dato el par torsor de la tabla 12 y para los datos de diámetros primitivos los encontramos en la tabla resumen de los resultados Tabla 11.

Finalmente aplicando las fórmulas tenemos los resultados de fuerzas tangencial y radial en las dos etapas de transmisión en los engranes.

	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Ft</b>	139.309	126.551
<b>Fr</b>	50.704	46.061
<b>Angulo (<math>\alpha</math>)</b>	20	20

Tabla 11 Resultados de fuerzas actuantes en dientes de engranes

Fuente: elaboración propia

- **Cálculo de esfuerzos en los dientes de engranes**

Haciendo un resumen de los resultados obtenidos que nos sirvió para el cálculo de esfuerzo en los engranes tenemos.

<b>Datos</b>			
<b>Pc</b>	5	<b>mm</b>	0.19685039 <b>pulg.</b>
<b>Np</b>	15		24
<b>Ng</b>	78		7
<b><math>\phi</math></b>	20	<b>°</b>	20 <b>°</b>
<b>F</b>	6	<b>mm</b>	0.23622047 <b>pulg.</b>
<b>P</b>	0.2462	<b>kW</b>	0.33002681 <b>HP</b>
<b>np</b>	1250	<b>rpm</b>	307.57874 <b>pie/min</b>
<b>ng</b>	240.385	<b>rpm</b>	

Tabla 12 Datos para cálculo de esfuerzo en engranajes

Fuente: Elaboración propia

Además, se considera que el diseño para este engrande será para un cálculo de falla de 10000 ciclos; engrane modelo sólida KB=1, Fabricado bajo norma Comercial.

De esta forma tenemos el siguiente dato que nos servirá para el cálculo.

$$Q_v = 6$$

$$S_t = \frac{W_t P_d}{FJ} K_o K_s K_m K_B K_v$$

$$D_p = \frac{P_c \times N_p}{\pi} = \frac{0.1968 \times 15}{\pi} = 0.949$$

$$V_t = \frac{\pi D_p n_p}{12} = \frac{\pi \times 0.949 \times 900}{12} = 248.28 \text{ pie/min}$$

$$W_t = \frac{33000 \times P}{V_t} = \frac{33000 \times 0.33}{248.28} = 49.148 \text{ lb}$$

Para el caso del factor de geometría, en base al número de dientes del engranaje, para el par de engranajes de la primera etapa según la siguiente tabla sería de 0.25.

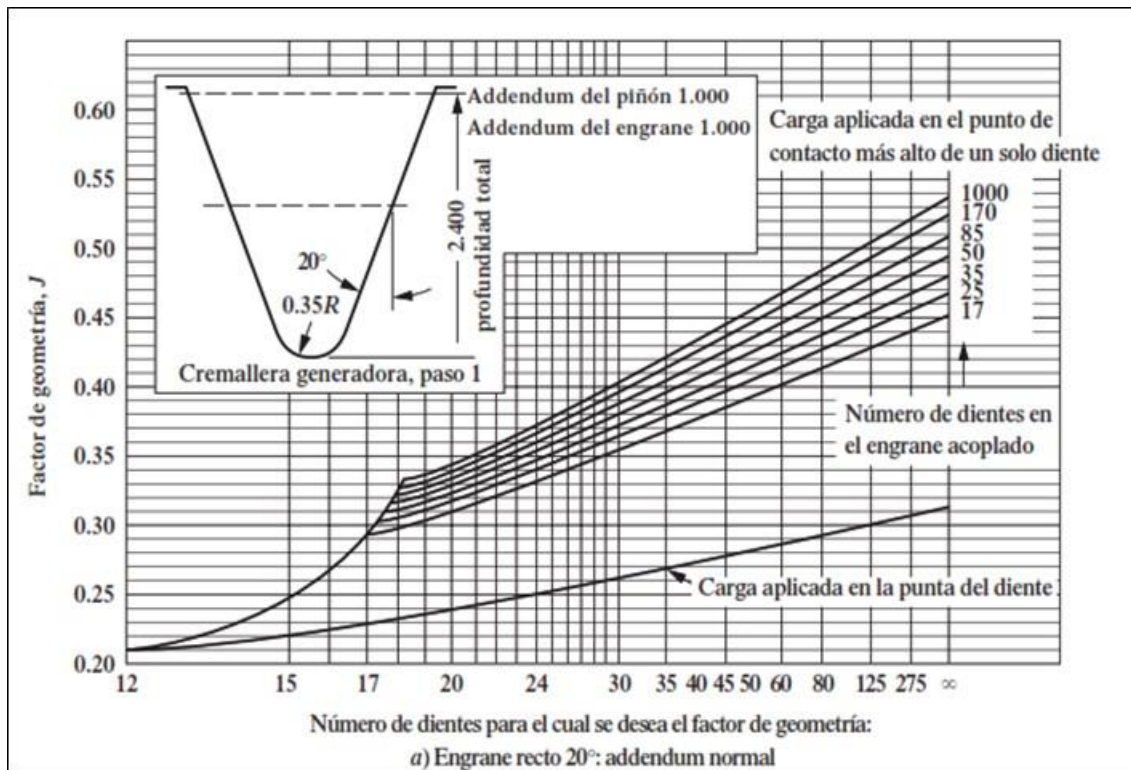


Figura 19 Factor de geometría  $J$  en engranes rectos

Fuente: La gráfica es de AGMA 218.01, lo que es consistente con los datos tabulares provenientes del actual AGMA 908-B89. La gráfica es adecuada para propósitos de diseño.)

**El factor de sobrecarga  $K_o$**

Para un motor eléctrico constante y uniforme, que impulsará al sinfín que permitirá el desplazamiento vertical del aspersor de pintura genera choque uniforme, el valor razonable es  $K_o = 1.00$

Factores de sobrecarga sugeridos, $K_o$				
Fuente de potencia	Máquina impulsada			
	Uniforme	Choque ligero	Choque moderado	Choque pesado
Uniforme	1.00	1.25	1.50	1.75
Choque ligero	1.20	1.40	1.75	2.25
Choque moderado	1.30	1.70	2.00	2.75

Figura 20 Factor de sobrecarga sugerido

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica de Shigley 9na Edición. Capítulo 14 Engranes rectos y Helicoidales.

**El factor de tamaño  $K_s$**

Dado que los dientes de engrane con módulo métrico de 3 son relativamente pequeños se tiene un  $K_s = 1$

Factores de tamaño sugeridos, $K_s$		
Paso diametral, $P_d$	Módulo métrico, $m$	Factor de tamaño, $K_s$
$\geq 5$	$\leq 5$	1.00
4	6	1.05
3	8	1.15
2	12	1.25
1.25	20	1.40

Figura 21 Factores de tamaño sugeridos

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica de Shigley 9na Edición. Capítulo 14 Engranés rectos y Helicoidales.

### El factor de distribución de carga $K_s$

Se puede calcular para transmisiones de engranes cerrados. Para este diseño, el ancho de cara es de  $F = 0.2362$  pulg.

$$K_m = 1.0 + C_{pf} + C_{ma}$$

Para la selección del valor debemos realizar un cálculo previo para la sección de la curva.

$$\frac{F}{D_p} = \frac{0.2362}{0.949} = 0.249$$

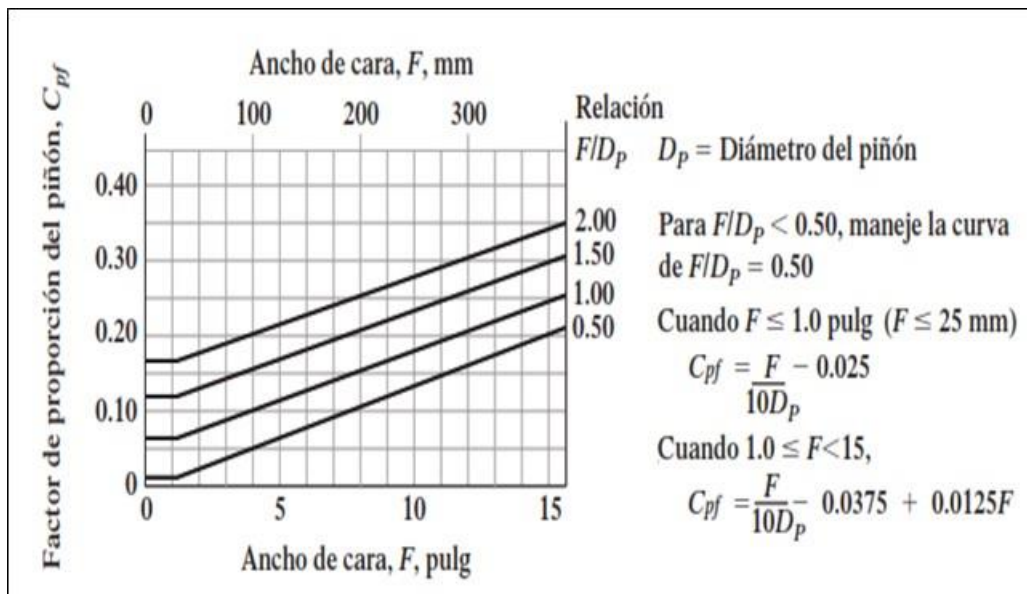


Figura 22 Factor de proporción del piñón,  $C_{pf}$

Fuente: Norma AGMA 2001-C95: Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314)

De la figura anterior podemos ver que el valor de  $C_{pf}$  sería:



$$C_{pf} = 0.01$$

Para el caso de  $C_{ma}$  el valor que tomaría según la tabla sería

$$C_{ma} = 0.05$$

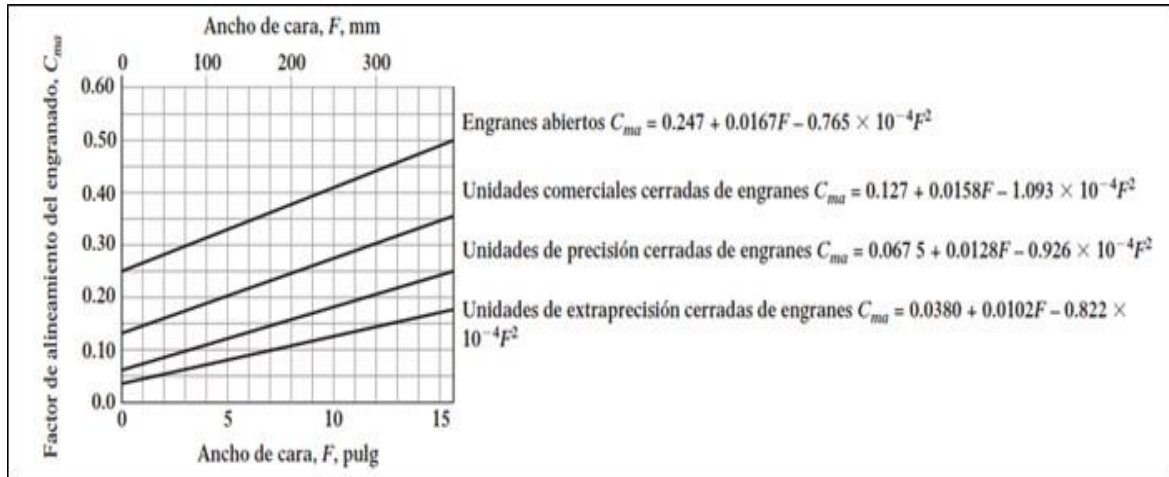


Figura 23 Factor de alineamiento del engranado  $C_{ma}$

Fuente: Tomado de la Norma AGMA 2001-C95: Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314)

Reemplazando los datos encontrados según tabla tendríamos.

$$K_m = 1.0 + 0.01 + 0.05$$

$$K_m = 1.06$$

### Factor de espesor de borde $K_B$

Se puede suponer que el factor por espesor de orilla  $K_B$  sea 1.00, porque los engranados se fabricarán a partir de modelos sólidos.

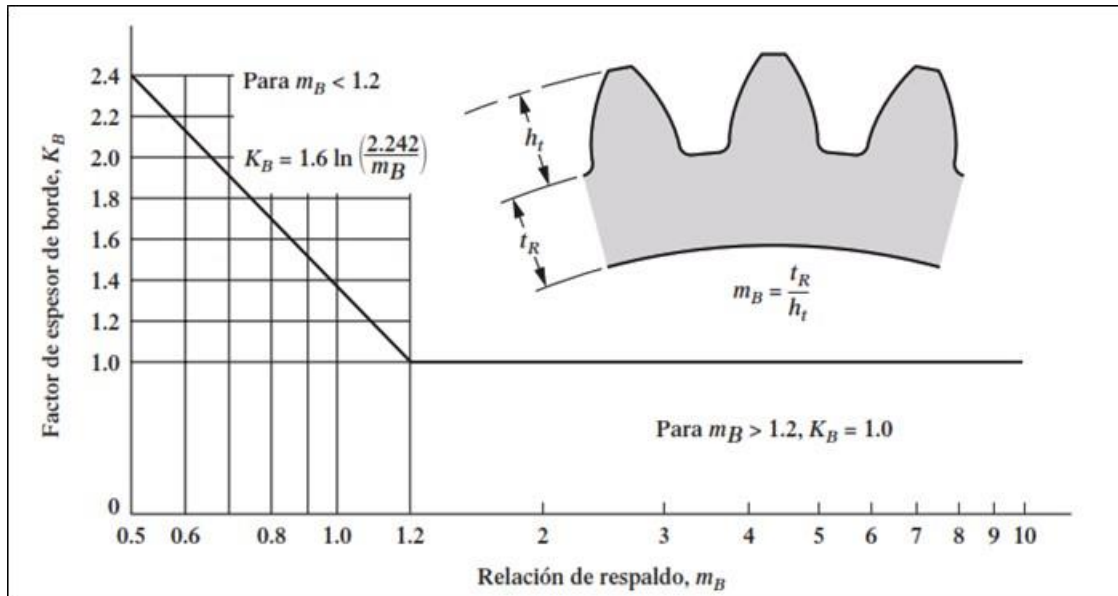


Figura 24 Actor de espesor de borde,  $K_B$

Fuente: Norma AGMA 2001-C95: Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314

### Factor dinámico $K_v$

El valor de  $K_v$  depende de la exactitud del perfil del diente, sus propiedades elásticas y la velocidad con la cual se ponen en contacto los dientes.

En la siguiente grafica podemos determinar el valor de  $K_v$  en función de  $Q_v$  y la velocidad de línea que es dato con el que se inició el cálculo

$$V_t = 248.28 \text{ pie}/\text{min}$$

De esta manera con los datos que se tiene, el valor de  $K_v = 1.2$

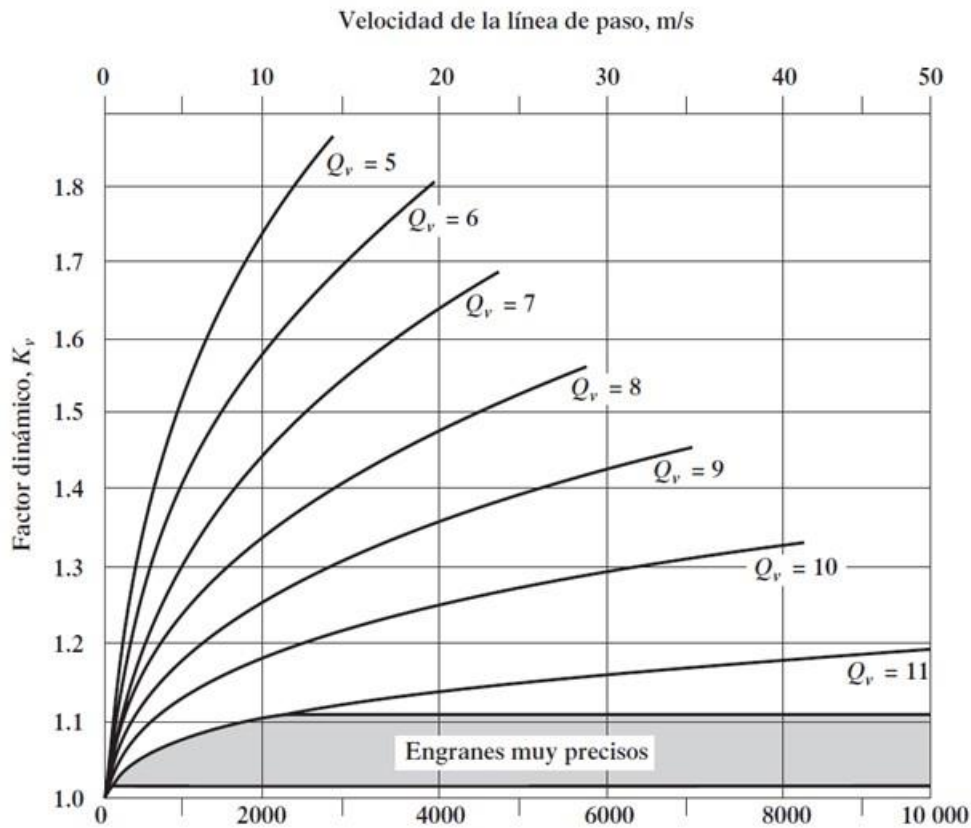


Figura 25 Factor dinámico,  $K_v$

Fuente: Norma AGMA 2001-C95: Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314)

- **Esfuerzo en los dientes del piñón**

$$S_t = \frac{W_t P_d}{FJ} K_o K_s K_m K_B K_v$$

$$S_t = \frac{49.178 \times 15.96}{0.236 \times 0.25} \times 1 \times 1 \times 1.06 \times 1 \times 1.2$$

$$S_t = 16905.091 \text{ PSI}$$

Dado que para nuestro caso el único factor que cambia es el factor de geometría J, todos los otros datos permanecen iguales.

$$S_{tG} = S_t \left( \frac{J_p}{J_g} \right)$$

$$S_{tG} = 16905.091 \left( \frac{0.25}{0.42} \right)$$

$$S_{tG} = 10062.554 \text{ PSI}$$

- **Selección del material del engrane con base en el esfuerzo flexionante**

Para un funcionamiento seguro se especificó un material que soporte un esfuerzo flexionante admisible mayor al que ya habíamos calculado en las ecuaciones anteriores.

Para ello se tuvo algunas consideraciones como el de la temperatura que no debe ser mayor que 250°F o su equivalente 121°C, la cantidad de ciclos de carga en los dientes, para este caso tomaremos como 10,000,000. Una confiabilidad de 99% y un factor de seguridad de 1

### **Números de esfuerzo flexionante admisibles ajustados, $S_{at}$**

Se realizó el cálculo de esfuerzo flexionante admisible y su posterior selección de materiales según la siguiente fórmula:

$$S'_{at} = S_{at} \times \frac{Y_N}{(SF \times K_r)}$$

$Y_N$  Factor por ciclos de esfuerzo.

$SF$  Factor de seguridad.

$K_r$  Factor de confiabilidad.

Por otro lado, se consideró que el diseño está calculado para una vida de 20,000 horas.

### Factor por ciclos de esfuerzo $Y_N$

Para el cálculo de este factor aplicamos la siguiente tabla, para ello vamos a requerir un dato como el de número de ciclos de carga  $N_c$

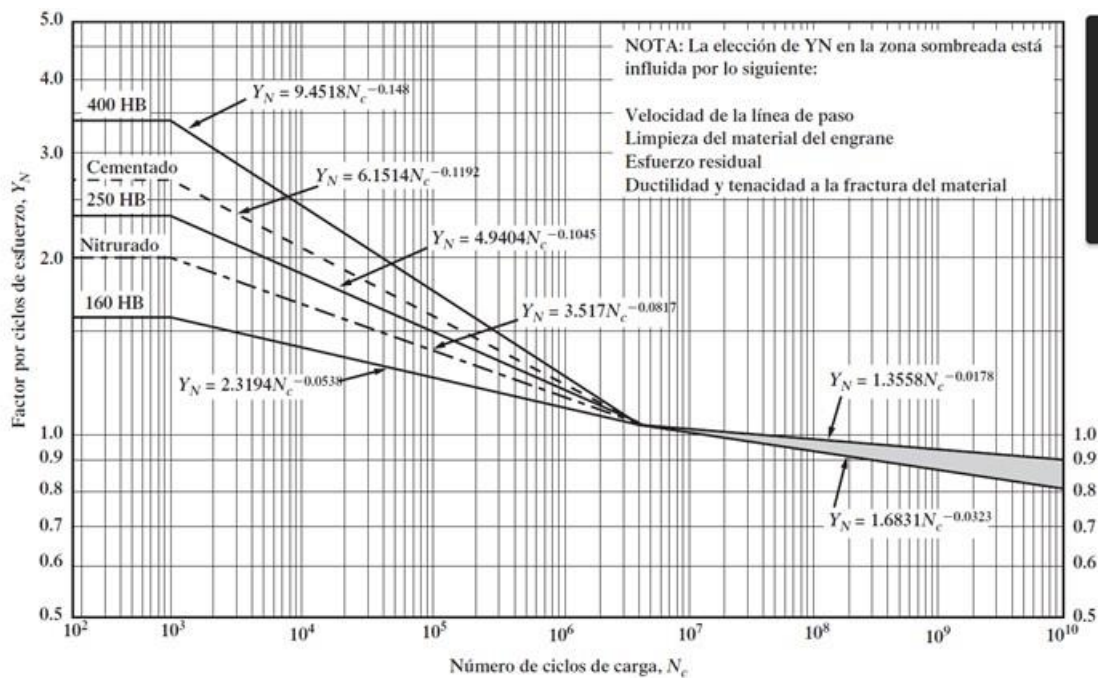


Figura 26 Factor de resistencia flexionante por ciclos de esfuerzo,  $Y_N$

Fuente; Norma AGMA 2001-C95: Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth, con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314)

Para poder realizar el cálculo del número de ciclos de carga  $N_c$  se usó la siguiente fórmula:

$$N_c = 60L.n.q$$

$N_c$  Número de ciclos de carga esperado

- $L$  Vida de diseño, en horas
- $n$  Velocidad de giro del engrane, en rpm
- $q$  Número de aplicaciones de carga por revolución

$$N_c = 60 \times 20000 \times 900 \times 1$$

$$N_c = 1,080,000,000$$

Con este dato vamos a tabla y tenemos que el valor que asume  $Y_N = 0.92$

### Factor de confiabilidad $K_r$

Para nuestro caso según la tabla que se muestra a continuación se tomó una tasa de confiabilidad alta, es decir una falla en 10,000 operaciones, de esta manera tenemos  $K_r = 1.5$

Factor de confiabilidad, $K_R$	
Confiabilidad	$K_R$
0.90, una falla en 10	0.85
0.99, una falla en 100	1.00
0.999, una falla en 1000	1.25
0.9999, una falla en 10 000	1.50

Figura 27 Factor de confiabilidad  $K_r$

Diseño en ingeniería mecánica de Shigley 9na Edición. Capítulo 14 Engranés rectos y Helicoidales.

El valor ajustado de  $S_{at}$  que se usó para seleccionar el material lo usaremos en función de los factores ya encontrado líneas arriba

$$S'_{at} = S_{at} \times \frac{Y_N}{(SF \times K_r)}$$

$$S'_{at} = 16905.091 \times \frac{0.92}{(1 \times 1.5)}$$

$$S'_{at} = 27562.648 \text{ PSI}$$

Según el esfuerzo a la flexión AGMA obtenido el libro Shigley nos presenta la siguiente tabla.

Material	Designación del material <sup>1</sup>	Tratamiento térmico	Dureza superficial típica mínima	Número de esfuerzo de flexión permisible, $S_f$ , <sup>2</sup> psi
Hierro fundido gris ASTM A48	Clase 20	Como sale de la fundición	—	5 000
	Clase 30	Como sale de la fundición	174 HB	8 500
	Clase 40	Como sale de la fundición	201 HB	13 000
Hierro dúctil (nodular) ASTM A536	Grado 60-40-18	Recocido	140 HB	22 000-33 000
	Grado 80-55-06	Templado y revenido	179 HB	22 000-33 000
	Grado 100-70-03	Templado y revenido	229 HB	27 000-40 000
Bronce	Grado 120-90-02	Templado y revenido	269 HB	31 000-44 000
	Aleación 954 ASTM B-148	Fundición en arena	Resistencia mínima a la tensión 40 000 psi	5 700
		Tratada térmicamente	Resistencia mínima a la tensión 90 000 psi	23 600

Tabla 13 Selección de material según esfuerzo de flexión AGMA

Diseño en ingeniería mecánica de Shigley 9na Edición. Capítulo 14 Engranajes rectos y Helicoidales.

Por lo cual el material a utilizar para maquinado del engrane es el hierro dúctil con un grado de designación 60-40-18 de 140HB, en la siguiente imagen podemos apreciar la propiedad del hierro a utilizar.

Clase	Resistencia PSI x1000	Lim. Fluencia	Dureza Brinell	Alargamiento (%)
60-40-18	42000	28000	149-187	18
65-45-12	45000	32000	179-207	12

80-55-06	56000	38000	187-255	6
100-70-03	70000	47000	217-267	3
120-70-02	84000	63000	240-300	2

Tabla 14 Clasificación de la fundición nodular teniendo en cuenta sus características mecánicas de acuerdo con la norma ASTM A-536

Fuente: Laboratorio de tecnología de materiales, Lectura de ingeniería 3 de la facultad de estudios superiores Cuautitlán

#### 4.1.3. Cálculo para selección de cadena y Catarina

Para iniciar los cálculos se debió conocer el peso que vamos a mover, la distancia que se moverá y el tiempo que queremos que tarde todo el desplazamiento.

Para determinar el peso o tener un peso estimado que se acerque se usó el programa SolidWorks y al asignar material al conjunto completo obtenemos un peso estimado de 35.5 kg sin incluir los dos reductores de velocidad, para tener la seguridad de seleccionar un motor que pueda mover todo el peso le asignamos hasta los 100 kg. Para el cálculo de la distancia a mover se usará la siguiente figura:

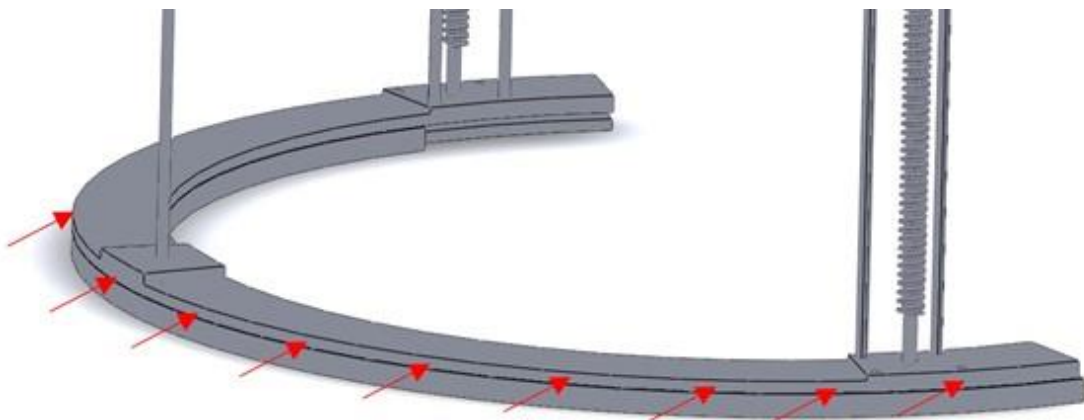


Figura 28 Vista donde se ubicará la cadena.

Fuente: Elaboración propia.



La cadena estará dispuesta sobre la cara circular de la base deslizable tal como se muestra en la figura anterior y con las flechas, será fijada mediante soldadura en algunos puntos.

La distancia que se desea mover está en función del ángulo del arco de la base y el radio de la misma. Para nuestro diseño se tienen que la base móvil tiene que girar 90° y teniendo en cuenta que el radio del arco de la base es de 0.35 m se tiene que la longitud de arco que se desea mover es

$$d = \frac{\pi \times 0.35}{2} = 0.55 \text{ m}$$

El tiempo que consideramos en que se debe realizar este recorrido es de 5 segundos.

Con los datos anteriores tenemos:

$$P = \frac{W}{t}$$

Donde:

P            Potencia

W            Trabajo

T            Tiempo

De la fórmula anterior podemos expresar la potencia en función de la fuerza y la distancia que planificamos mover el arreglo, teniendo así:

$$P = \frac{F \times d}{t}$$

$$P = \frac{\left(100 \text{ kg} \times 9.81 \frac{\text{N}}{\text{s}^2}\right) \times 0.55 \text{ m}}{5}$$

$$P = 107.91 \text{ W}$$

Con estos datos buscamos un motor de paso a paso con motorreductor que tenga una potencia similar.

Según las fichas técnicas vemos que el motor que más guarda relación a los datos obtenidos es el de la marca Sogears modelo NMRV30.80ZYT-R02 de 177 W. Con

una tensión de alimentación de 24 VDC o una tensión en el rango de 12 a 120 VDC, la ficha técnica del motor se presenta en el anexo.

Un dato importante de este motor es que la velocidad nominal es de 2600 RPM, pero el motor reductor al que va conectado tiene una relación de velocidades de 80, asegurando una eficiencia en la transmisión de 50% y tiene un peso ligero de 3.2 Kg.

Con el dato de potencia del motor y la velocidad correspondiente calculados la potencia de diseño

$$P_d = P_e \times F_s$$

Donde:

Pd Potencia de diseño

Pe Potencia de entrada

Fs Factor de servicio

Para conocer el factor de servicio acudimos a la siguiente tabla

Tipo de carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con transmisión mecánica
Uniforme (agitadores, ventiladores, transportadores con carga ligera y uniforme)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (máquinas herramienta, grúas, transportadores pesados, mezcladoras de alimento y molinos)	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de troquelado, molinos de martillos, transportadores alternos, accionamientos de molino de rodillos)	1.4	1.5	1.7

Tabla 15 Factor de servicio para transmisión por cadena

Fuente: Diseño de elementos de máquinas cuarta edición de Robert L. Mott, P.E. Capítulo 07. Transmisión por banda y por cadena

Para nuestro caso dado que va a ser accionado por un motor eléctrico y el tipo de carga es constante el factor de servicio es 1.0

De la fórmula sabemos que la potencia de entrada es la del motor seleccionado, por lo tanto:

$$P_d = P_e \times F_s$$

$$P_d = 177 \times 1.0$$

$$P_d = 177 \text{ W}$$

Con la potencia de diseño calculada debemos elegir el paso de la cadena que usaremos, para ello haremos uso de la gráfica proporcionada según ISO 606-1982E y DIN 8187.

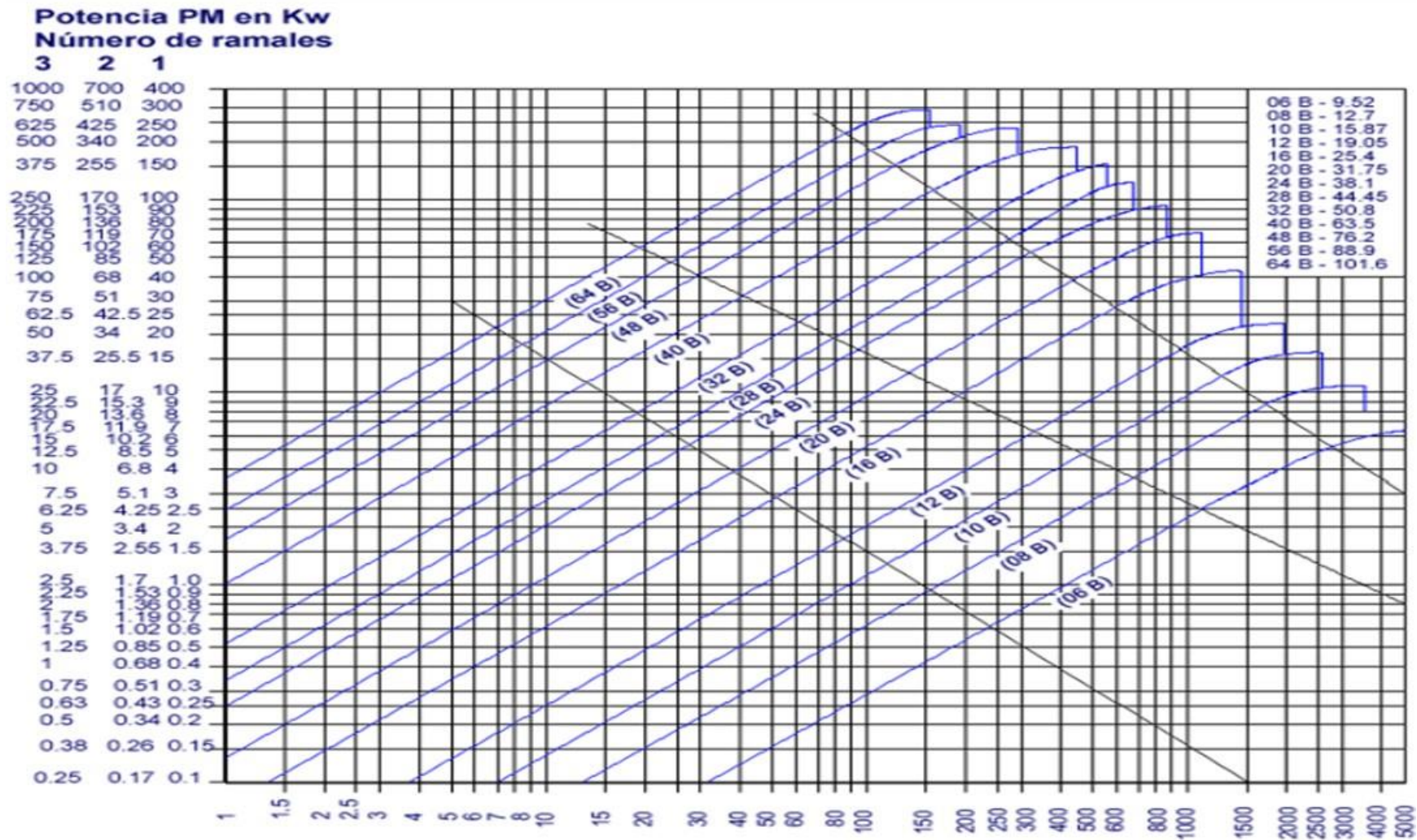


Tabla 16 Selección del paso de cadena según la norma DIN

Fuente: Página de catálogo general de cadenas de empresa Cadensa cadenas y derivados.

Podemos ver en la tabla anterior que de acuerdo con la velocidad del motor 2600 rpm y la potencia de 177W, la intersección de estos puntos nos indica que el paso de la cadena a seleccionar se encuentra en el área de (06B) que según el recuadro superior derecho de la misma tabla nos indica que es de 9.52 mm.

Según este dato en el catálogo de industrias YUK S.A.

Tenemos la cadena de rodillos simples que se rige bajo la norma DIN 8187 serie europea.

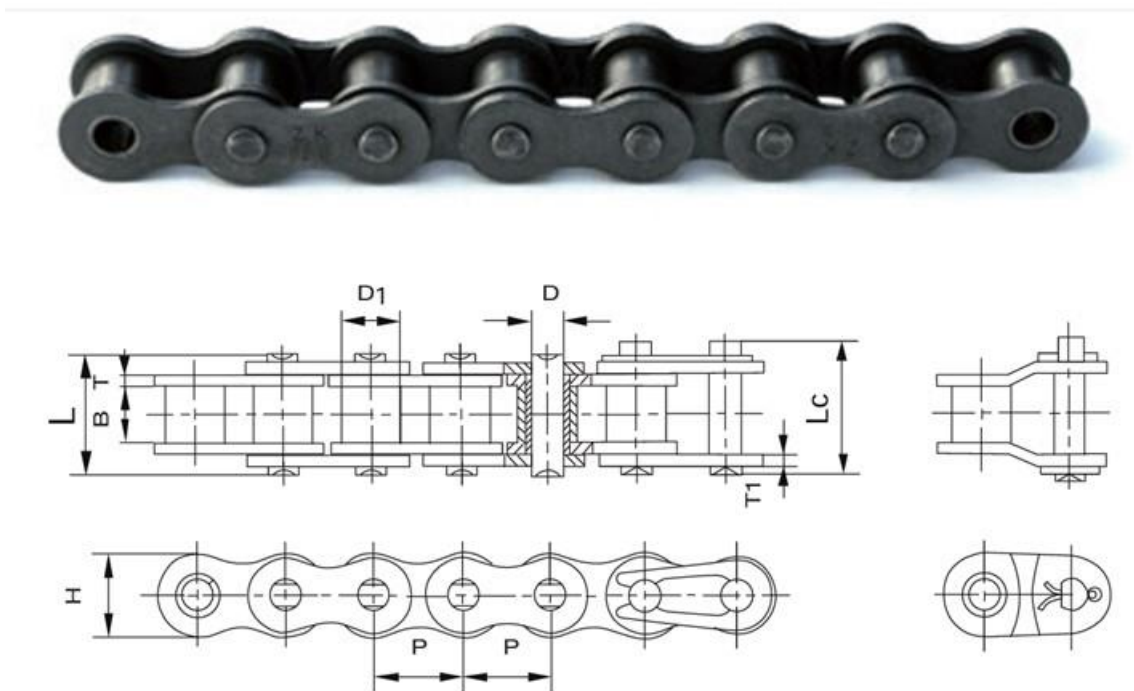


Figura 29 Cadena de rodillos simples serie 06B norma DIN 8187

Fuente catálogo de industrias YUK S.A. cadena de rodillos simples que se rige bajo la norma DIN 8187

Referencia Reference Référence	Paso Pitch Pas	Ancho interior Inner width Largeur intérieure	Ø Rodillo Roller Rouleau	Ø Eje Pin Axe	Longitud eje Pin length Longueur axe		Ancho malla Plate width Largeur plaques	Espesor malla Plate thickness Épaisseur plaques	Carga de rotura Breaking load Charge rupture	Peso por metro Weight per meter Poids par mètre
DIN/ISO	P	B min	D1 max	D max	L max	Lc max	H max	T/T1 max	Q min	q
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	KN	Kg/m
04B-1	6,000	2,80	4,00	1,85	6,80	7,8	5,00	0,60	3,0	0,11
05B-1	8,000	3,00	5,00	2,31	8,20	8,9	7,10	0,80	5,0	0,20
*06B-1	9,525	5,72	6,35	3,28	13,15	14,1	8,20	1,30	9,0	0,41
08B-1	12,700	7,75	8,51	4,45	16,70	18,2	11,80	1,60	18,0	0,69
10B-1	15,875	9,65	10,16	5,08	19,50	20,9	14,70	1,70	22,4	0,93
12B-1	19,050	11,68	12,07	5,72	22,50	24,2	16,00	1,85	29,0	1,15
16B-1	25,400	17,02	15,88	8,28	36,10	37,4	21,00	4,15/3,1	60,0	2,71
20B-1	31,750	19,56	19,05	10,19	41,30	45,0	26,40	4,5/3,5	95,0	3,70
24B-1	38,100	25,40	25,40	14,63	53,40	57,8	33,20	6,0/4,8	160,0	7,10
28B-1	44,450	30,99	27,94	15,90	65,10	69,5	36,70	7,5/6,0	200,0	8,50
32B-1	50,800	30,99	29,21	17,81	66,00	71,0	42,00	7,0/6,0	250,0	10,25
40B-1	63,500	38,10	39,37	22,89	82,20	89,2	52,96	8,5/8,0	355,0	16,35
48B-1	76,200	45,72	48,26	29,24	99,10	107,0	63,80	12/10	560,0	25,00
56B-1	88,900	53,34	53,98	34,32	114,60	123,00	77,80	13,5/12,0	850,00	35,78
64B-1	101,600	60,96	63,50	39,40	130,00	138,50	90,17	15,0/13,0	1.100,00	46,00
72B-1	114,300	68,58	72,39	44,48	147,40	156,40	103,60	17,0/15,0	1.400,00	60,80

Tabla 17 Cadena de rodillos simples - serie B

Fuente catálogo de industrias YUK S.A. cadena de rodillos simples que se rige bajo la norma DIN 8187

Según la tabla 16, donde obtuvimos la referencia DIN del paso de la cadena a usar era 06B con un paso de 9.525, podemos ver en la tabla 17 todas medidas relacionadas a la cadena, para mayor referencia de las medidas fijamos nuestra atención en la figura 28.

- **Selección del piñón y número de dientes**

Según los datos obtenidos previamente, como la potencia de diseño y la velocidad del motor, debemos seleccionar el número de dientes del piñón.

Para ello vamos a dirigirnos a la siguiente tabla.



No. de dientes piñón conductor	R.P.M. DEL PIÑÓN CONDUCTOR																								
	50	100	300	500	700	900	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	10000
9	0.08	0.15	0.39	0.62	0.84	1.06	1.37	1.68	1.98	2.27	2.65	2.17	1.73	1.41	1.18	1.01	0.88	0.77	0.68	0.61	0.55	0.50	0.46	0.42	0.35
10	0.09	0.16	0.44	0.70	0.95	1.19	1.54	1.88	2.21	2.54	2.97	2.55	2.02	1.65	1.39	1.18	1.03	0.90	0.80	0.71	0.64	0.58	0.53	0.49	0.42
11	0.10	0.18	0.49	0.77	1.05	1.31	1.70	2.08	2.45	2.82	3.30	2.94	2.33	1.91	1.60	1.37	1.18	1.04	0.92	0.82	0.74	0.67	0.62	0.57	0.48
12	0.11	0.20	0.54	0.85	1.15	1.44	1.87	2.29	2.70	3.10	3.62	3.35	2.66	2.17	1.82	1.56	1.35	1.18	1.05	0.94	0.85	0.77	0.70	0.64	0.55
13	0.12	0.22	0.59	0.93	1.26	1.57	2.04	2.49	2.94	3.38	3.95	3.77	3.00	2.45	2.05	1.75	1.52	1.33	1.18	1.06	0.95	0.87	0.79	0.73	0.62
14	0.13	0.24	0.63	1.01	1.36	1.71	2.21	2.70	3.18	3.66	4.28	4.22	3.35	2.74	2.30	1.96	1.70	1.49	1.32	1.18	1.07	0.97	0.88	0.81	0.69
15	0.14	0.25	0.68	1.08	1.47	1.84	2.38	2.91	3.43	3.94	4.61	4.68	3.71	2.94	2.55	2.17	1.88	1.65	1.47	1.31	1.18	1.07	0.98	0.90	0.77
16	0.15	0.27	0.73	1.16	1.57	1.97	2.55	3.12	3.68	4.22	4.94	5.15	4.09	3.35	2.81	2.40	2.08	1.82	1.62	1.45	1.30	1.18	1.08	0.99	0.85
17	0.16	0.29	0.78	1.24	1.68	2.10	2.73	3.33	3.93	4.51	5.28	5.64	4.48	3.67	3.07	2.62	2.27	2.00	1.77	1.58	1.43	1.30	1.18	1.09	0.93
18	0.17	0.31	0.83	1.32	1.78	2.24	2.90	3.54	4.18	4.80	5.61	6.15	4.88	3.99	3.35	2.86	2.48	2.17	1.93	1.73	1.56	1.41	1.29	1.18	1.01
19	0.18	0.33	0.88	1.40	1.89	2.37	3.07	3.76	4.43	5.09	5.95	6.67	5.29	4.33	3.63	3.10	2.69	2.36	2.09	1.87	1.69	1.53	1.40	1.28	1.10
20	0.19	0.35	0.93	1.48	2.00	2.51	3.25	3.97	4.68	5.38	6.29	7.20	5.72	4.68	3.92	3.35	2.90	2.55	2.26	2.02	1.82	1.65	1.51	1.39	1.18
21	0.20	0.37	0.98	1.56	2.11	2.64	3.42	4.19	4.93	5.67	6.63	7.75	6.15	5.03	4.22	3.60	3.12	2.74	2.43	2.17	1.96	1.78	1.62	1.49	1.27
22	0.21	0.38	1.03	1.64	2.22	2.78	3.60	4.40	5.19	5.96	6.97	8.21	6.59	5.40	4.52	3.86	3.35	2.94	2.61	2.33	2.10	1.91	1.74	1.60	1.37
23	0.22	0.40	1.08	1.72	2.33	2.92	3.78	4.62	5.44	6.25	7.31	8.62	7.05	5.77	4.83	4.13	3.58	3.14	2.79	2.49	2.25	2.04	1.86	1.71	1.46
24	0.23	0.42	1.14	1.80	2.44	3.05	3.96	4.84	5.70	6.55	7.66	9.02	7.51	6.15	5.15	4.40	3.81	3.35	2.97	2.66	2.40	2.17	1.99	1.82	1.56
25	0.24	0.44	1.19	1.88	2.55	3.19	4.13	5.05	5.95	6.84	8.00	9.43	7.99	6.54	5.48	4.68	4.05	3.56	3.16	2.82	2.55	2.31	2.11	1.94	1.65
26	0.25	0.46	1.24	1.96	2.66	3.33	4.31	5.27	6.21	7.14	8.35	9.84	8.47	6.93	5.81	4.96	4.30	3.77	3.35	3.00	2.70	2.45	2.24	2.05	1.75
28	0.27	0.50	1.35	2.12	2.88	3.61	4.67	5.71	6.73	7.73	9.05	10.7	9.47	7.75	6.49	5.55	4.81	4.22	3.74	3.35	3.02	2.74	2.50	2.30	1.96
30	0.29	0.54	1.45	2.29	3.10	3.89	5.03	6.15	7.25	8.33	9.74	11.5	10.5	8.59	7.20	6.15	5.33	4.68	4.15	3.71	3.35	3.04	2.77	2.55	2.17
32	0.31	0.58	1.55	2.45	3.32	4.17	5.40	6.60	7.77	8.93	10.4	12.3	11.6	9.47	7.93	6.77	5.87	5.15	4.57	4.09	3.69	3.35	3.06	2.81	0
35	0.34	0.64	1.71	2.70	3.66	4.59	5.95	7.27	8.56	9.84	11.5	13.6	13.2	10.8	9.08	7.75	6.72	5.90	5.23	4.68	4.22	3.83	3.50	3.21	0
40	0.39	0.73	1.97	3.12	4.23	5.30	6.87	8.40	9.89	11.4	13.3	15.7	16.2	13.2	11.1	9.47	8.21	7.20	6.39	5.72	5.15	4.68	0		
45	0.45	0.83	2.24	3.55	4.80	6.02	7.80	9.53	11.2	12.9	15.1	17.8	19.3	15.8	13.2	11.3	9.79	8.59	7.62	6.82	0				
	Lubricación Tipo A			Lubricación Tipo B						Lubricación Tipo C															

Tabla 18 Cadena estándar sencilla de rodillos N° 35 paso 3/82"

Fuente: Manual de piñón empresa Intermecc productos mecánicos para transmisión de potencia.

Con la velocidad del motor 2600 rpm y la potencia de 177 W buscamos en la tabla 18, para lo cual le corresponde un piñón de 17 dientes.

De la tabla anterior también se desprende los datos en referencia a la aplicación del lubricante

- Lubricante Tipo A: A mano, con aceitera o brocha
- Lubricante Tipo B: En baño de aceite o por salpique
- Lubricante Tipo C: Al chorro bajo presión

Para nuestro caso debemos usar un lubricante tipo A.

Una vez seleccionado el piñón debemos verificar que el número de dientes nos genere el mínimo de variación de velocidad.

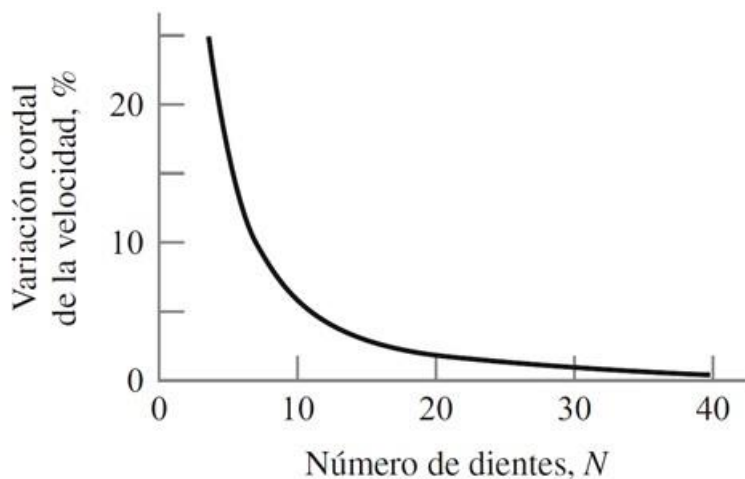


Figura 30 variación cordal de velocidad

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica de Shigley 9na Edición

Para nuestro caso dado que hemos seleccionado un piñón de 17 dientes lo que nos asegura una transmisión suave para velocidades altas o moderadas.

En la siguiente figura veremos de acuerdo con los cálculos realizados que la propuesta que mejor se ajusta es la que nos da el fabricante Translink



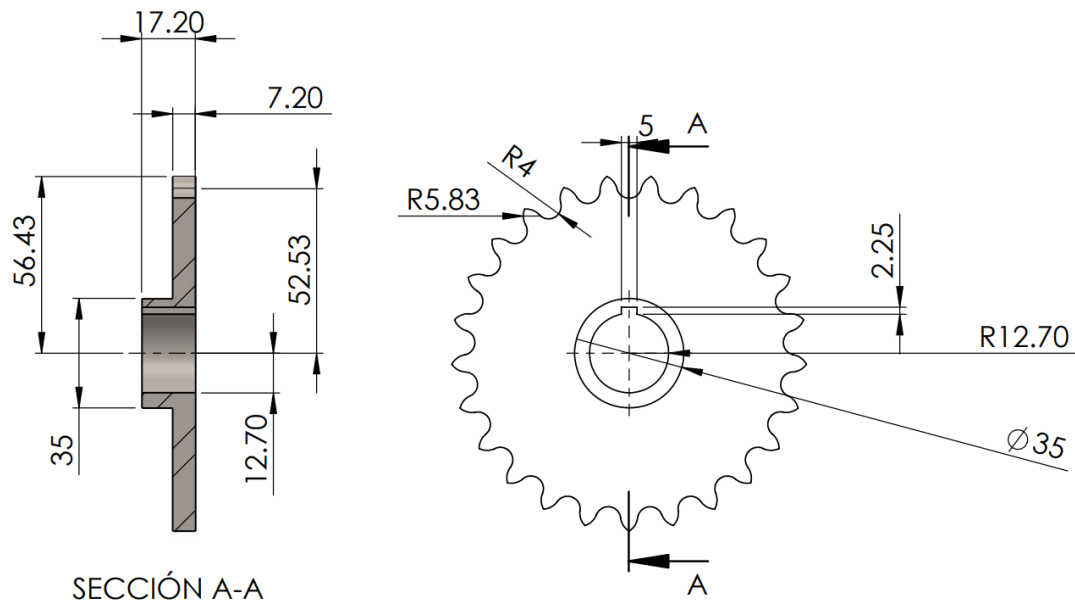


Figura 31 Representación de piñón de 3/8" de paso para una cadena 06B

Fuente: Catálogo de piñón de fabricante TransLink Power transmisión para cadenas de rodillo conforme a la norma DIN8187 ISO/R 606.

Parte	Medida (mm)
Radio de los dientes r3	10
Ancho del radio C	1
Ancho de los dientes B1	5.3
Ancho de los dientes b1	5.2
Ancho de los dientes B2	15.4
Ancho de los dientes B3	25.6

Tabla 19 Medidas de piñón de 3/8" de paso

Fuente: Catálogo de piñón de fabricante Trans Link Power transmisión para cadenas de rodillo conforme a la norma DIN8187 ISO/R 606

	Parte de cadena	Medida (mm)
Paso de cadena		9.525
Ancho interior		5.72
Diam. Rodillo		6.35

Tabla 20 Datos de cadena que originan la selección del piñón.

Fuente: Catálogo de piñón de fabricante Trans Link Power transmisión.

Z	de	dp	Simple / Simple / Single			Doble / Double / Double			Triple / Triple / Triple		
			dm	D1	A	dm	D1	A	dm	D1	A
8	28.0	24.89	15	6	22	15	6	22	15	6	32
9	31.0	27.85	18	8	22	18	8	22	18	8	32
10	34.0	30.82	20	8	22	20	8	22	20	10	32
11	37.0	33.80	22	8	25	22	10	25	22	10	35
12	40.0	36.80	25	8	25	25	10	25	25	10	35
13	43.0	39.79	28	10	25	28	10	25	28	10	35
14	46.3	42.80	31	10	25	31	10	25	31	12	35
15	49.3	45.81	34	10	25	34	10	25	34	12	35
16	52.3	48.82	37	10	28	37	12	30	37	12	35
17	55.3	51.83	40	10	28	40	12	30	40	12	35
18	58.3	54.85	43	10	28	43	12	30	43	12	35
19	61.3	57.87	45	10	28	46	12	30	46	12	35
20	64.3	60.89	46	10	28	49	12	30	49	12	35
21	68.0	63.91	48	12	28	52	12	30	52	14	40
22	71.0	66.93	50	12	28	55	12	30	55	14	40
23	73.5	69.95	52	12	28	58	12	30	58	14	40
24	77.0	72.97	54	12	28	61	12	30	61	14	40
25	80.0	76.00	57	12	28	64	12	30	64	14	40
26	83.0	79.02	60	12	28	67	12	30	67	14	40
27	86.0	82.05	60	12	28	70	12	30	70	14	40
28	89.0	85.07	60	12	28	73	12	30	73	14	40
29	92.0	88.09	60	12	28	76	12	30	76	14	40
30	94.7	91.12	60	12	30	79	12	30	79	14	40
31	98.3	94.15	65	14	30	80	16	30	80	16	40
32	101.3	97.17	65	14	30	80	16	30	80	16	40
33	104.3	100.20	65	14	30	80	16	30	80	16	40
34	107.3	103.23	65	14	30	80	16	30	85	16	40
35	110.4	106.26	65	14	30	80	16	30	85	16	40
36	113.4	109.29	70	16	30	90	16	30	90	16	40
37	116.4	112.32	70	16	30	90	16	30	90	16	40
38	119.5	115.35	70	16	30	90	16	30	90	16	40
39	122.5	118.37	70	16	30	90	16	30	90	16	40
40	125.5	121.40	70	16	30	90	16	30	90	16	40

Figura 32 Dimensiones de piñón de 3/8" de paso a diferente número de dientes

Fuente: Catálogo de piñón de fabricante Trans Link Power transmisión.

Con los datos obtenidos anteriormente se muestra la siguiente imagen, que fija la posición de la cadena como se muestra en la vista de detalle a la cual el piñón transmitirá potencia; lo cual le dará un movimiento circular, la intención con este arreglo es que el mecanismo pueda girar 90° para que los pulverizadores puedan esparcir la pintura a las partes aun sin recubrir por silicona RTV.

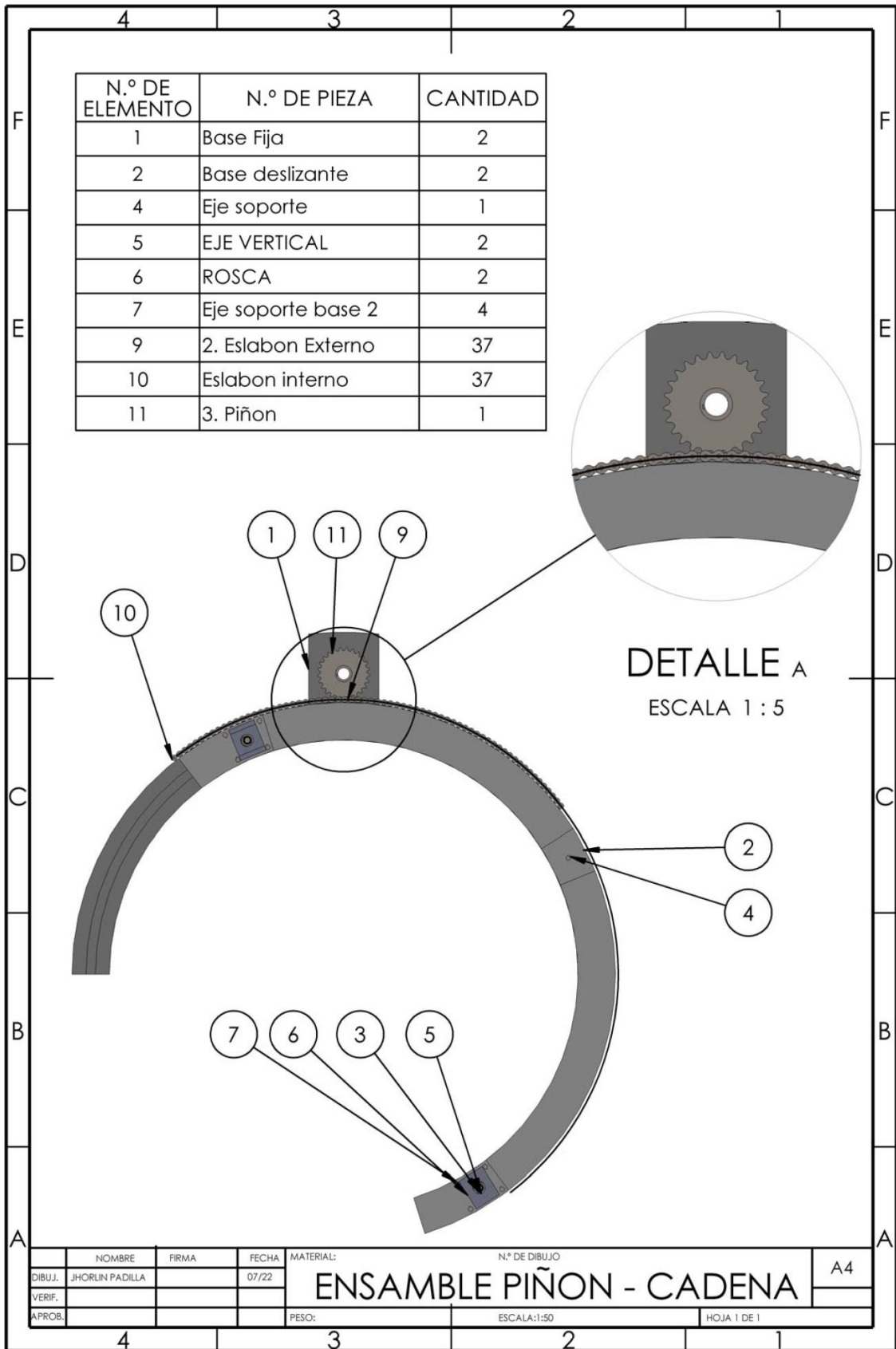


Figura 33 Vista superior de la disposición de la cadena -piñon

Fuente: Elaboración propia.

### Resumen de cálculos:

Referencia Tornillo Sinfín	Resultado obtenido
Longitud de tornillo sin fin	1 m.
Velocidad línea	0.033 m/s
Paso	0.7854 pulgadas
Diámetro exterior	0.75 pulgadas.
Angulo de avance	18.435°
Velocidad angular	40 rpm

Tabla 21 Tabla resumen para la fabricación de tornillo sin fin

Fuente: Elaboración propia.

### Reductor de velocidad

Etapa	1	2
Módulo	3	2.75
Z piñón	15	18
Z rueda	78	78
$\phi$ piñón (mm) (Diámetro Primitivo)	45	214.5
$\phi$ rueda (mm) (Diámetro Primitivo)	54	214.5
I real	4.32	4.32
Hierro ASTM A536 clase 60-40-18		

Tabla 22 Tabla de resultados para fabricación de reductores de velocidad

Fuente: Elaboración propia.

## Cadena

Se seleccionó una cadena del fabricante YUK S.A con referencia ISO 06B con un paso de 9.525 y demás datos según tabla.

Referencia	Paso (mm)	Ancho Interior (mm)	Diam. Rodillo (mm)	Carga Rotura (KN)	Peso por metro (Kg/m)
06B-1	9.525	5.72	6.35	9	0.41

Tabla 23 Tabla resumen de cadena seleccionada

Fuente catálogo de industrias YUK S.A. cadena de rodillos simples que se rige bajo la norma DIN 8187

## Piñón

Paso (Pulg)	Ancho Diente (mm)	Número de diente	Diam. Exterior (mm)	Diámetro de cubo	Norma
3/8	5.3	17	55.3	40 mm.	DIN 8187

Tabla 24 Tabla resumen de piñón seleccionado

Elaboración propia.

## Diseño funcional del sistema eléctrico

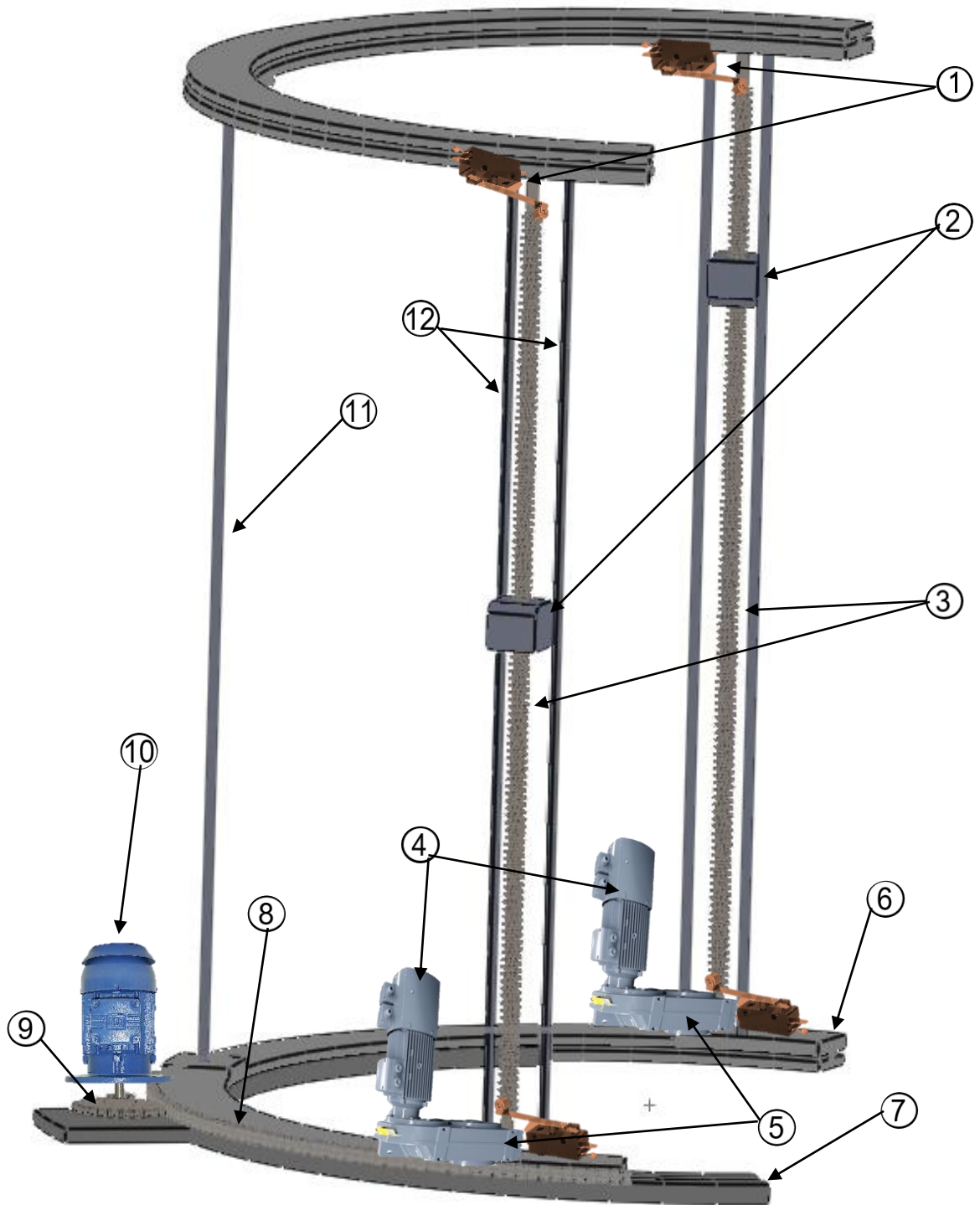


Figura 34 Disposición de componentes eléctricos

Fuente: Elaboración propia.

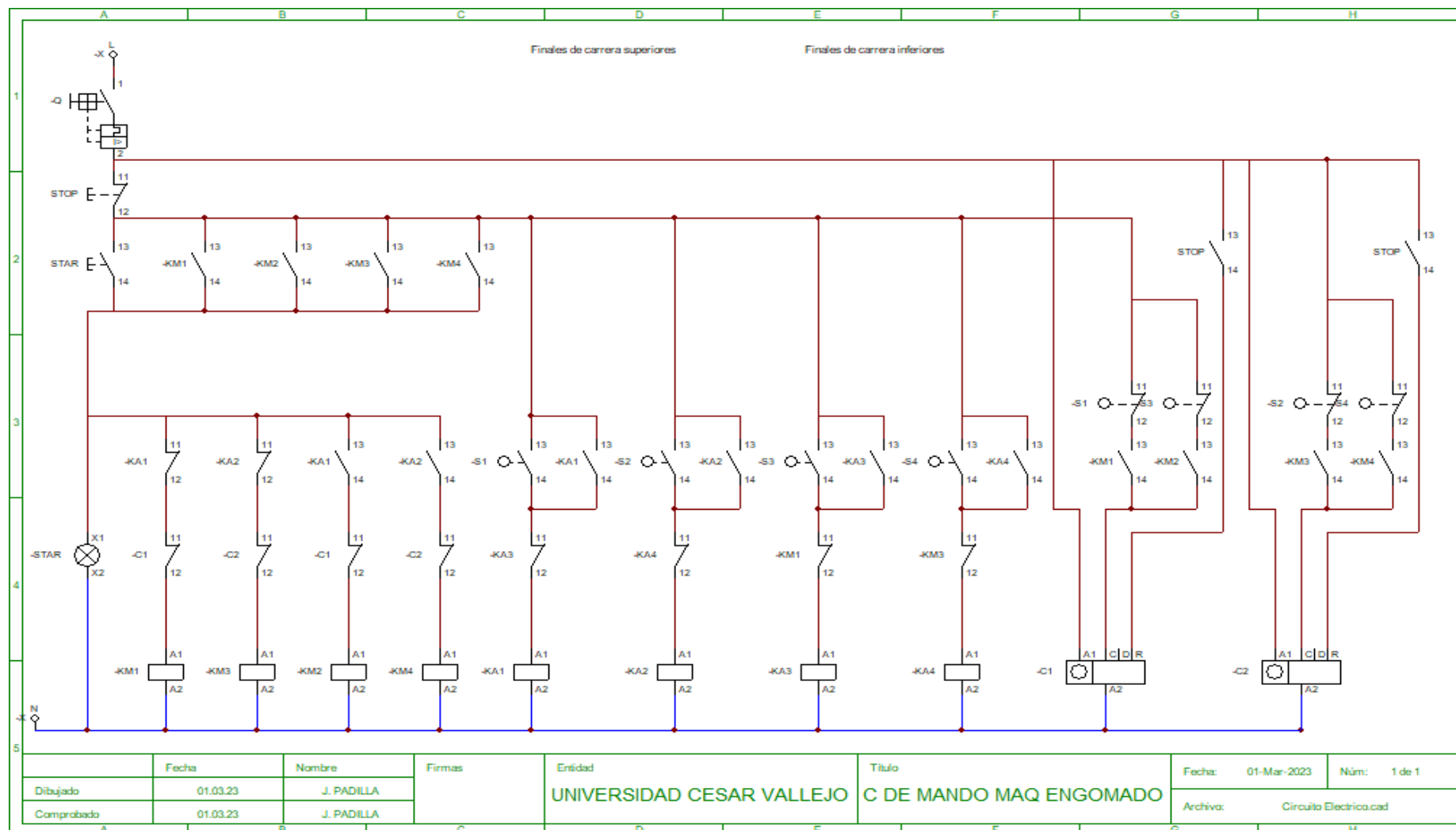
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
1	Swicht de finales de carrera (S1, S2, S3 y S4)	4
2	Bases de fijación de aspersores	2
3	Tornillo sin fin	1
4	Motor AC (M1 y M2)	2
5	Reductores de velocidad	2
6	Base móvil	2
7	Base fija	2
8	Cadena	1
9	Piñón	1
10	Motor de paso a paso (M3)	1
11	Barra estabilizadora	1
12	Barras de límite de giro	4

Tabla 25 Leyenda de componentes que conforman la máquina de engomado.

Elaboración propia.



## Circuito eléctrico de la máquina de engomado.



### **Funcionamiento del mecanismo.**

- El encendido y alimentación de todos los componentes se realiza al cerrar el interruptor Q.
- Inicio del funcionamiento desde el pulsador start.
- Para detener en cualquier momento se puede presionar el botón Stop.
- M1, M2 Son motores que tienen un control de velocidad mediante la variación de tensión en la alimentación estos son arrancados por los contactores KM1 y KM3, los contactores KM2 y KM4 son los que realizan el cambio de giro de los motores.
- Al iniciar el funcionamiento del equipo mediante el botón start un foco luminoso color verde indica el inicio del trabajo, los pulverizadores son arrancados de manera manual, pulverizadores comienzan a esparcir pintura sobre el aislador del equipo que se quiere aplicar la silicona RTV.
- Inmediatamente del paso anterior, inicia la marcha de los motores M1 y M2 estos transmiten el giro al sinfín permitiendo el desplazamiento vertical de los aspersores para ellos el motor gira en sentido antihorario, lo cual logramos con los contactores KM1 y KM3.
- S1 y S2 son Switch que detienen la marcha del motor en el sentido ascendente y realizan la inversión de giro en el motor (activación de contactores KM2 y KM4) para que este inicie el descenso de los aspersores. De esta manera se va aplicando 2 capas de pintura sobre los aisladores.
- S3 Y S4 son Switch que detienen la marcha del motor en el sentido descendente.
- Los motores M1y M2 detienen su recorrido cuando se haya cumplido un ciclo (Desplazamiento del pulverizador de manera ascendente y descendente), esto es controlado por 2 contadores C1 y C2
- Posterior a cumplirse el ciclo, de manera manual se manda un pulso de funcionamiento al circuito de control del motor paso a paso, posterior arranca el motor paso a paso M3 el cual gira 90° (Visto desde la vista superior, el equipo gira en sentido horario)
- Posterior a girar 90° el motor se detiene por lo cual debemos dar inicio nuevamente al ciclo presionando el botón Star, donde los motores M1 y M2 mueven el tornillo sinfín que permite el desplazamiento vertical del pulverizador, Ascendente (para ello nuevamente activa los contactores KM1 y KM3) y descendente (activando los contactores KM2 y KM4).

- Finalmente, al completarse el ciclo de manera manual arrancamos el motor M3 girando en sentido antihorario) los 90° dejando el equipo en su posición original.

### **Selección de motores (M1 y M2)**

El criterio de selección del motor se basó teniendo en cuenta en lo siguiente:

- La tensión para el control de velocidad.
  - o Se pudo usar un motor con corriente alterna, pero requería un variador de frecuencia para control de velocidad, por ello se seleccionó un motor de corriente continua, donde solo variamos la tensión de alimentación.
- El tamaño incluido el reductor de velocidad.

Para este diseño se requiere que el tamaño del motor sea de un tamaño reducido, esto debido a que va a estar sobre la base móvil.
- El peso que va a aportar a todo el equipo.
  - o Al igual que en el ítem anterior este diseño se requiere que el peso del motor sea de un tamaño reducido, esto debido a que va a estar sobre la base móvil.
- No se consideró la carga que debía mover
  - o Esto debido a que el motor no va a requerir mover una carga alta, solo moverá el tornillo sinfín que permite el desplazamiento de los aspersores. Por este motivo no se tomó en cuenta este criterio.



Figura 35 Criterios de selección de motores M1 y M2  
Elaboración propia.

**4.2. Desarrollo del objetivo 2:** Medir los tiempos y costos de aplicación de silicona RTV mediante el método convencional.

Para el desarrollo de la medición de tiempos de la actividad de engomado se recolectó los datos mediante el instrumento que se muestra en el anexo 5, 6 y 7, este instrumento fue aplicado a los diferentes métodos que se vienen utilizando con el afán de ir minimizando el tiempo de aplicación de la goma.

A continuación, se detalla en que consiste la actividad y en anexos se muestra el instrumento usado para la recolección de datos.

**4.2.1 Medición de tiempo de engomado mediante el método convencional con ascenso por escaleras.**

El día 02.02.2018 se realizó la renovación del aislamiento de los equipos de la línea L-2240 específicamente de los transformadores de corriente de la marca Asea modelo IMBD 245 A4



Figura 36 Personal de VCN retirando la grasa silicona saturada del TC-351 L-2240

Fuente: Imagen capturada en la subestación Chiclayo Oeste

La actividad fue desarrollada por personal de la contratista VCN, para el cual se requirió 6 personas entre los que se encuentra un supervisor, 4 personas que trabajan en altura y un ayudante.

Para esa actividad no se tenía un instrumento para recolectar los datos de pintado, pero como parte del piloto de la actividad era medir la duración de esta e ir estableciendo costos para un presupuesto de engomado de toda una celda.

A continuación, se en lista las actividades y su duración, los datos relevantes se muestran en la ficha técnica:

<b>Actividad</b>	<b>Duración (min)</b>
El operador de subestación realiza las maniobras de desconexión de la línea.	19
Colocación de la tierra franca.	2
Condena de equipos.	6
Otorga permiso de trabajo	10
Cumplimiento de las reglas de oro	13
Preparación zona de trabajo (cubrir graba, colocar escaleras)	30
Retiro de grasa silicona y limpieza de 1 TC con 4 linieros	65
Cubrir partes metálicas 1 TC	15
Aplicación de goma del 1er TC con 2 pintores	130
Aplicación de goma al 2do TC, con 2 pintores	110

Tabla 26 Duración de actividades que conforman el proceso de renovación de silicona RTV

Fuente: Elaboración propia.

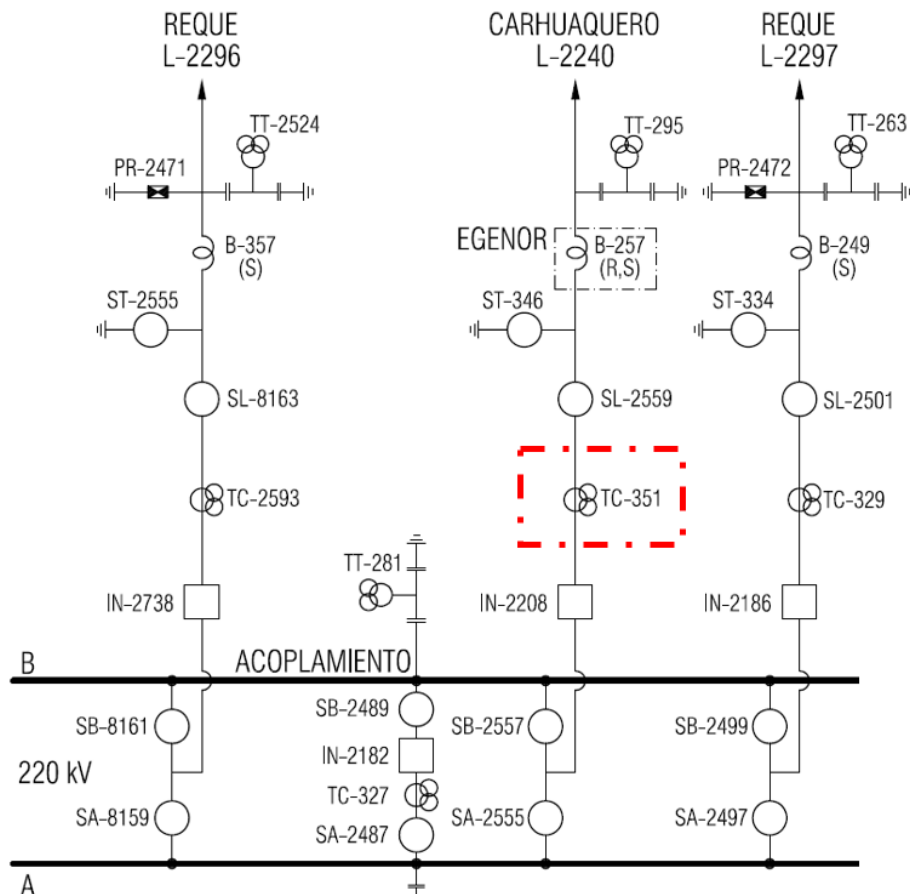


Figura 37 Diagrama unifilar de la celda L-2240, demarcación del TC-351

Fuente: Recorte del diagrama unifilar de la subestación Chiclayo oeste en el cual se demarca el TC-351 que se aplicó el engomado solo en 2 fases.

De la misma manera que en la subestación Chiclayo en la subestación Chimbote también se aplicó recubrimiento de goma silicona sobre los equipos del diámetro 6 que trae la energía desde el AT-30 hacia la barra de 138KV y la salida de energía hasta el Santa a través de la línea 1116.

El día 07 de marzo del 2022 se aplicó la goma silicona sobre los Transformadores de corriente TC-4011 y TC-4012 y el interruptor de potencia IN4006 para estos equipos ya se tenía las fichas para recolección de datos, los datos tomados se muestran en el anexo 7.





Figura 38 Aplicación de goma silicona sobre IN4006 mediante método tradicional  
Fuente: Imagen capta en la subestación Chimbote 138KV.



Figura 39 Transformador de corriente 4011 y 4012 con goma RTV  
Fuente: Imagen capta en la subestación Chimbote 138KV.

Los datos de tiempos asociados a la actividad de recubrimiento de engomado fueron completados en instrumento referente a la observación, se adjunta en los anexos 5, 6 y 7

El día 03 de marzo del 2022 se aplicó la goma silicona sobre los Transformadores de corriente TC-4013 y TC-4014.



Figura 40 Aplicación de goma silicona sobre Transformadores de corriente TC-4013 y 4014

Fuente: Imagen capta en la subestación Chimbote 138KV.



Figura 41 Transformador de corriente 4013 y 4014 con goma RTV

Fuente: Imagen capta en la subestación Chimbote 138KV.

Los datos de tiempos asociados a la actividad de recubrimiento de engomado fueron completados en instrumento referente a la observación, se adjunta en los anexos 5, 6 y 7.

#### **4.2.2. Medición de tiempo de aplicación de engomado mediante el método mejorado 1.**

Este método consiste en la aplicación de la goma silicona de manera continua, no de la manera convencional donde requería cargar el depósito de que va sobre la pistola cada vez que este se terminaba de vaciar su contenido, mediante este método el compresor tiene una entrada para conectarse a la pintura y una tubería de descarga de hasta 30 metros. De esta manera se ahorra el tiempo para suministro de la pintura, adicional a esta mejora se cambió el tipo de recubrimiento que no requiere ser mezclado con ningún tipo de aditivo, por lo cual el proceso de pintado es de manera continua, se mejora el tipo de ascenso, en este caso las personas suben en la canastilla de un camión grúa.

El 08 y 09 de octubre del 2021 se realizaron los trabajos para recubrir con goma silicona el aislamiento las cámaras del Interruptores IN-5162 en la celda del R37 en la SE Laguna La Niña de 500 KV. Como parte de la actividad consistía en lavar las cámaras de corte del IN-5162, su limpieza y secado con alcohol isopropílico y trapo.



Posterior a la preparación de la zona de trabajo se aplicó la goma silicona “MIDSUN HVIC – B – MINERAL SPIRITS”.

En la siguiente imagen se muestra el equipo a cubrir con goma silicona y el medio de ascenso.



Figura 42 Recubrimiento de goma silicona del IN-5162

Fuente: Subestación eléctrica la Niña 500 kV interruptor IN-5162



Figura 43 Conexiones de compresor a pintura y equipo a pintar  
Fuente: Subestación eléctrica la Niña 500 kV interruptor IN-5162



Figura 44 Compresor usado para recubrir el con goma RTV al IN-5162  
Fuente: Área de mantenimiento de equipos de patio de llaves.





Figura 45 Vista superior de interruptor IN-5162 preparado para aplicar goma RTV.  
Fuente: Subestación eléctrica la Niña 500 kV interruptor IN-5162



Figura 46 Proceso de aplicación del recubrimiento de la silicona RTV  
Fuente: Subestación eléctrica la Niña 500 kV interruptor IN-5162



Figura 47 Recubrimiento total de goma RTV sobre IN-5162

Fuente: Subestación eléctrica la Niña 500 kV interruptor IN-5162

Luego de aplicar la recolección de datos mediante una ficha de observación entregada por los supervisores de trabajo de la actividad (las fichas se adjuntan en los anexos 5, 6 y 7 del presente informe) se recopila la información en la tabla líneas abajo, en ella se especifica el método de pintado mediante números, los cuales a manera de leyenda guardan el siguiente significado.

1. Pistola por gravedad y ascenso por escalera - Personal Contratista.
2. Pistola por gravedad y ascenso por escalera - Personal propio.
3. Compresor airless y ascenso con Grúa.

Equipos para recubrir con silicona RTV	Superficie (m2)	Método de pintado	Persona l de pintado	Tiempo (hrs)	Horas hombre	Velocidad de pintado
- Buje T16-260 (R, S, T) 220kV	28.5	3	2	3	1.5	9.500
- Buje T16-260 (R, S, T) 60kV	9	3	2	0.9	0.45	10.000
-IN-5162 (R)	213	3	2	10.5	5.25	20.286
- TC-4011, 4012 y IN4006 (R, S, T)	52.5	2	4	8	2	6.563
-TC-4013 y 4014 (R, S, T)	30	2	4	5	1.25	6.000
-TC-4015 y 4016 (R, S, T)	30	2	4	5	1.25	6.000
-TC-351 (R, S) 220kV	15	1	2	4	2	3.750

Tabla 27 Datos de recubrimiento de goma silicona en subestaciones

Fuente: Elaboración propia

En base al diseño ya realizado de la máquina se tiene que la velocidad de pintado no depende del equipo que se va a pintar, sino más bien de la velocidad de los motores, de esta manera se logra hacer más eficiente el diseño.

En la siguiente tabla se puede visualizar la serie de actividades y su duración en minutos que implica cubrir de silicona RTV los equipos.

Actividades	Tiempo
Desplazamiento vertical ascendente a cero grados	1 min.
Desplazamiento vertical descendente a cero grados	1 min.
Giro noventa grados	15 seg.
Desplazamiento vertical ascendente a noventa grados	1 min.



Desplazamiento vertical descendente a noventa grados	1 min.
Giro retorno a cero grados	15 seg.
<b>Total</b>	<b>4.5 min</b>

Tabla 28 Tiempo de pintado de máquina

Fuente: Elaboración propia.

Para tener una comparación, si instalamos este equipo para recubrir de silicona el seccionador para el cual se diseñó, tendremos que tanto la superficie del cuerpo inferior y superior es de 2 metros cuadrados, lo cual quiere decir que el equipo recubrirá esa área en 4.5 min, de esa manera la velocidad de pintado se calculó en:

$$Vp = \frac{2}{4.5/60} = 26.667 \text{ m}^2$$

En base a los datos obtenidos se realiza el siguiente gráfico que muestra el tiempo que se empleó para aplicar el recubrimiento.

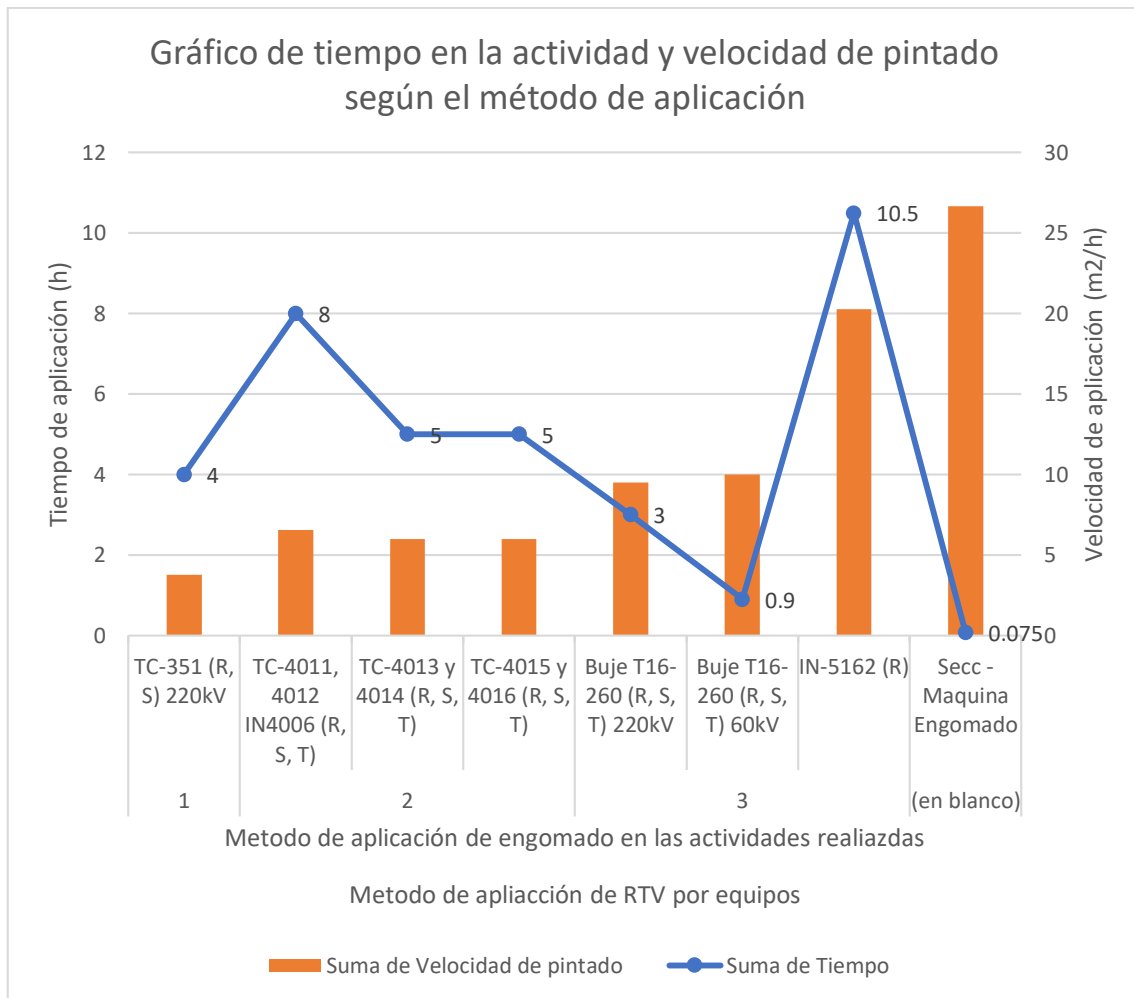


Figura 48 Gráfico de tiempo en la actividad y velocidad de pintado según el método de aplicación

Fuente: Elaboración propia.

Vemos que en el método 3 se demoraron más tiempo, pero es el método que representa una mayor velocidad de aplicación.

Analizando la gráfica anterior podemos comentar que la mejora en la velocidad de recubrir los equipos responde a varios factores.

- Inicialmente se desconocía del proceso.
- Uso de equipos que no eran apropiados.
- Preparación de pintura.
- Método de ascenso a estructura.
- Experiencia de las personas que aplican el recubrimiento.

- Número de maniobras de la grúa.
- Acceso a mayor área a recubrir en una posición.

#### **4.2.3 Costos de las actividades de aplicación de recubrimiento de silicona RTV en equipos.**

De la tabla N° 27 podemos ver que la lista de equipos que se recubrieron con silicona RTV en cada actividad programada. Adicional a ello debemos mencionar que cada actividad tiene una orden de gasto la cual contiene los montos incurridos en cada actividad.

---

#### **Costo de actividad de recubrimiento de silicona RTV**

**Actividad:** Aplicar recubrimiento aislante a las cámaras del IN-5162 SE La Niña

**Lugar:** Subestación la Niña

**Fecha**

**Orden de mantenimiento:** 381900

**Superficie total pintado (m2):** 213

**Días de trabajo:** 3

---

<b>Clase de coste (Texto)</b>	<b>Real total</b>
Cons. Corp. Útiles Oficina	48.3
Cons. Corp. Misceláneos	3.6
Cons. Corp. Herramientas	50.83
Cons. Corp. Mantenimiento Mecánico	3,171.35
Cons. Corp. Mantenimiento Químico	24.39
Cons. Combustible	319.29
Cons. Otros Suministros para Líneas y SE	193.89

Correos y Mensajería	6.14
Viajes Nacionales Hospedaje (Viáticos)	749.48
Viajes Nacionales Alimentación (Viáticos)	466.33
Viajes Nacionales Movilidad (Viáticos)	17.78
Mant.LT Movilidad	46.23
Alquiler de grúa	2,295.48
Peajes	26.54
Movilidad	178.7
Viático de alimentos	0
Viáticos de hospedaje	0
MOE-Otros Mtto Externo basado en UBS	0
Mantenimiento Materiales	0
Mantenimiento Combustible	0
Ejecución Mtto. No Correctivo	730.09
Ejecución Mtto. Correctivo	3,238.61
Ejecución Mtto. Correctivo	1,190.67
<b>Cargo Total (\$)</b>	<b>12,757.70</b>

Tabla 29 Costo de aplicar recubrimiento RTV en cámaras del IN-5162 en Subestación La Niña

Fuente: Base de datos de modulo PM de SAP de Red de Energía del Perú

En la tabla N° 28 se muestran los costos de la actividad en los distintos ítems.

La actividad se dio en la subestación la Niña que se encuentra a dos horas de Chiclayo por lo cual adicional al costo de grúa fue necesario agregar el costo de traslado durante los 3 días que duró la actividad.

---

**Costo de actividad de recubrimiento de silicona RTV**

**Actividad:** Aplicar goma silicona TC-4015 y 4016  
**Lugar:** Subestación  
Chimbote  
**Fecha**

---

<b>Orden de mantenimiento:</b>	502450
<b>Superficie total pintado (m2):</b>	
<b>Días de trabajo:</b>	1

<b>Clase de coste (Texto)</b>	<b>Real total</b>
Cons. Corp. Útiles Oficina	48.3
Cons. Corp. Misceláneos	3.6
Cons. Corp. Herramientas	50.83
Cons. Corp. Mantenimiento Mecánico	29.86
Cons. Corp. Mantenimiento Químico	19.19
Cons. Combustible	159.78
Cons. Otros Suministros para Líneas y SE	154
Correos y Mensajería	6.14
Viajes Nacionales Hospedaje (Viáticos)	403.98
Viajes Nacionales Alimentación (Viáticos)	104.71
Viajes Nacionales Movilidad (Viáticos)	2.03
Mant.LT Movilidad	56.41
Alquiler de Equipos de Cómputo	0
Peajes	5.95
Movilidad	178.7
Viático de alimentos	0
Viáticos de hospedaje	0
MOE-Otros Mtto Externo basado en UBS	0
Mantenimiento Materiales	0
Mantenimiento Combustible	0
Ejecución Mtto. No Correctivo	
Ejecución Mtto. Correctivo	
Ejecución Mtto. Correctivo	1190.67
<b>Cargo Total</b>	<b>2,414.15</b>

Tabla 30 Costo de aplicar recubrimiento RTV en cámaras del IN-5162 en Subestación Chimbote Celda IN-4010

Fuente: Base de datos de módulo PM de SAP de Red de Energía del Perú S.A.

En la tabla N° 29 se muestran los costos de la actividad en los distintos ítems.

La actividad se dio en la subestación Chimbote, el ascenso se dio por escalera dado que la altura de los equipos no es mucho y ayuda a minimizar los gastos, la actividad duró solo una hora.

---

**Costo de actividad de recubrimiento de silicona RTV**

Actividad:	Aplicar goma silicona TC-4013 y TC-4014
Lugar:	Subestación Chimbote
Fecha	
Orden de mantenimiento:	502451
Superficie total pintado (m2):	
Días de trabajo:	1

---

<b>Clase de coste (Texto)</b>	<b>Real total</b>
Cons. Corp. Útiles Oficina	48.3
Cons. Corp. Misceláneos	3.6
Cons. Corp. Herramientas	50.83
Cons. Corp. Mantenimiento Mecánico	14.53
Cons. Corp. Mantenimiento Químico	19.19
Cons. Combustible	159.78
Cons. Otros Suministros para Líneas y SE	154
Correos y Mensajería	6.14
Viajes Nacionales Hospedaje (Viáticos)	403.98
Viajes Nacionales Alimentación (Viáticos)	104.71
Viajes Nacionales Movilidad (Viáticos)	2.03
Mant.LT Movilidad	42.63
Alquiler de Equipos de Cómputo	0
Peajes	5.95

---

Movilidad	178.7
Viáticos de alimentos	0
Viáticos de hospedaje	0
MOE-Otros Mtto Externo basado en UBS	0
Mantenimiento Materiales	0
Mantenimiento Combustible	0
Ejecución Mtto. No Correctivo	528.72
Ejecución Mtto. Correctivo	264.36
Ejecución Mtto. Correctivo	
<b>Cargo Total</b>	<b>1987.45</b>

Tabla 31 Costo de aplicar recubrimiento RTV en cámaras del IN-5162 en Subestación Chimbote Celda IN-4008

Fuente: Base de datos de módulo PM de SAP de Red de Energía del Perú S.A.

En la tabla N° 30 se muestran los costos de la actividad en los distintos ítems.

La actividad se dio en la subestación Chimbote, el ascenso se dio por escalera dado que la altura de los equipos no es mucho y ayuda a minimizar los gastos, la actividad duró solo una hora.

---

#### Costo de actividad de recubrimiento de silicona RTV

Actividad:	Aplicar goma silicona TC-4011 TC-4012 y IN-4006
Lugar:	Subestación Chimbote
Fecha	
Orden de mantenimiento:	502451
Superficie total pintado (m2):	
días de trabajo:	1

---

Clase de coste (Texto)	Real total
Cons. Corp. Útiles Oficina	48.3

Cons. Corp. Misceláneos	3.6
Cons. Corp. Herramientas	50.83
Cons. Corp. Mantenimiento Mecánico	104.71
Cons. Corp. Mantenimiento Químico	19.18
Cons. Combustible	76
Cons. Otros Suministros para Líneas y SE	154
Correos y Mensajería	6.14
Viajes Nacionales Hospedaje (Viáticos)	403.98
Viajes Nacionales Alimentación (Viáticos)	60.06
Viajes Nacionales Movilidad (Viáticos)	2.03
Mant.LT Movilidad	72.33
Alquiler de Equipos de Cómputo	0
Peajes	5.95
Movilidad	178.7
Viáticos de alimentos	0
Viáticos de hospedaje	0
MOE-Otros Mtto Externo basado en UBS	0
Mantenimiento Materiales	0
Mantenimiento Combustible	0
Ejecución Mtto. No Correctivo	793.08
Ejecución Mtto. Correctivo	396.54
Ejecución Mtto. Correctivo	
<b>Cargo Total</b>	<b>2375.43</b>

Tabla 32 Costo de aplicar recubrimiento RTV en cámaras del IN-5162 en Subestación Chimbote Celda IN-4006

Fuente: Base de datos de módulo PM de SAP de Red de Energía del Perú S.A.

En la tabla N° 31 se muestran los costos de la actividad en los distintos ítems.

La actividad se dio en la subestación Chimbote, el ascenso se dio por escalera dado que la altura de los equipos no es mucho y ayuda a minimizar los gastos, la actividad duró solo una hora.



---

**Costo de actividad de recubrimiento de silicona RTV**

Actividad: Aplicar goma silicona bujes T16  
 Lugar: Subestación Chiclayo  
 Fecha:  
 Orden de mantenimiento: 502530  
 Superficie total pintado (m2):  
 Días de trabajo: 1

---

<b>Clase de coste (Texto)</b>	<b>Real total</b>
Cons. Corp. Útiles Oficina	48.3
Cons. Corp. Misceláneos	3.6
Cons. Corp. Herramientas	50.83
Cons. Corp. Mantenimiento Mecánico	191.31
Cons. Corp. Mantenimiento Químico	25.93
Cons. Combustible	76
Cons. Otros Suministros para Líneas y SE	154
Correos y Mensajería	6.14
Viajes Nacionales Hospedaje (Viáticos)	403.98
Viajes Nacionales Alimentación (Viáticos)	60.06
Viajes Nacionales Movilidad (Viáticos)	2.03
Mant.LT Movilidad	100.68
Alquiler de Equipos de Cómputo	604.64
Peajes	5.95
Movilidad	178.7
Viáticos de alimentos	0
Viáticos de hospedaje	0
MOE-Otros Mtto Externo basado en UBS	0
Mantenimiento Materiales	238.88
Mantenimiento Combustible	0
Ejecución Mtto. No Correctivo	997.51

Ejecución Mtto. Correctivo	257.45
Ejecución Mtto Correctivo	
<b>Cargo Total</b>	<b>3405.99</b>

Tabla 33 Costo de aplicar recubrimiento RTV en los bujes del transformador de potencia T16-261 50MVA SE. Chiclayo

Fuente: Base de datos de modulo PM de SAP de Red de Energía del Perú S.A.

En la tabla N° 32 se muestran los costos de la actividad en los distintos ítems.

La actividad se dio en la subestación Chiclayo Oeste, para la actividad se requirió necesariamente para el ascenso el alquiler de una grúa, esto dado que los equipo a recubrir con silicona tienen una inclinación y están a una altura que inicia desde los 5 metros, la duración de la actividad fue de 1 día.

Los datos tanto de medición de se pasaron a un gráfico de doble entrada para ser analizado, nos damos si bien se mejoró la velocidad de aplicación, pero a consecuencia los costos también aumentaron.

La solución propuesta debe ser un equilibrio o mejorar las expectativas actuales en función de la velocidad de aplicación y de los costos de la actividad de aplicar el recubrimiento RTV sobre los equipos de patio de llaves.

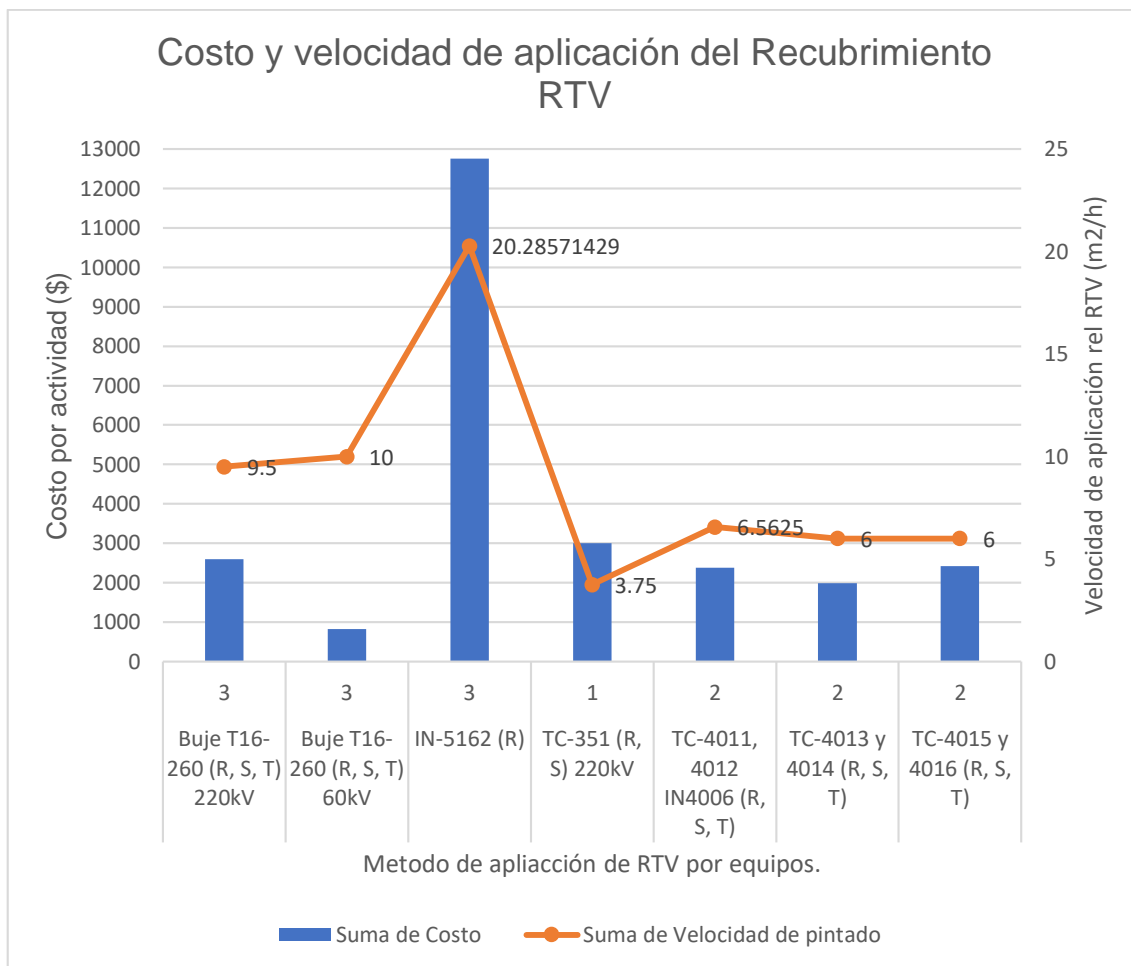


Figura 49 Costo y velocidad de aplicación del Recubrimiento RTV

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.4 Cotización de actividad de engomado método tradicional, ascenso por escalera

<b>COTIZACIÓN DE APLICACIÓN DE GOMA SILICONA EN L2240</b>		
APROBADO POR	RED DE ENERGÍA DEL PERÚ S.A.	AVISO N°:
UBICACIÓN TÉCNICA EQUIPO	Chiclayo 220 kV L-2240 Toda la celda	PLAN POSICIÓN

**Descripción: RETIRO DE SILICONA Y APLICACIÓN DE SILGAR**

<b>1.1.- MANO DE OBRA</b>					
Cod	Descripción	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
1	Supervisor	1	1	291.54	291.54
2	Linero + pintores	30	1	290.95	8728.5

3	Ayudante	2	1	184.72	369.44
Costo mano de obra.					9389.48

### 1.2- PRE-ENSAMBLE Y/O MOVILIZACIÓN

Cod	Descripción	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
1	Camioneta 4x4	1	1	364.46	364.46
2	Supervisor	1	1	165.18	165.18
3	Liniero	4	1	164.84	659.36
6	Viático sin pernoctación	8	1	31.24	249.92
Costo mano de obra.					1438.92

### 1.3.- VIÁTICOS

Cod	Descripción	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
1	Viático con pernoctación	35	1	62.48	2186.8
2	Viático sin pernoctación	0	1	31.24	0
Costo mano de obra.					2186.8

### 3. VEHICULO

Cod	Descripción	UNIDAD	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
1	Camioneta 4x4	220KM	1	1	364.46	364.46
2	Camión		1	2	1500	3000
Costo mano de obra.					3364.46	

### 4. MATERIALES

Cod	Descripción	UNIDAD	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
1	Trapo arpillera	Kg.	15	1	12.5	187.5
2	Grasa silicona Down Corning	Kg.	0	1	115.29	0
4	Desengrasante dieléctrico (Soldewash)	Gl.	10	1	34	340
9	Bolsas ecológicas para desechos	Und	6	1	0.45	2.7
Costo mano de obra.					530.2	

### 5.EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Cod	Descripción	UNIDAD	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
2	Herramienta 2	Jgo	1	1	5.21	5.21
4	Herramienta 4	Jgo	2	1	8.33	16.66
12	Escalera telescópica	Und	8	1	8.33	66.64
13	Escalera tijera	Und	8	1	8.33	66.64
22	Parantes de seguridad para malla o cinta	Und	1	1	3.12	3.12

23	Cinta de señalización Amarillo y rojo	Und	1	1	3.12	3.12
25	Camilla	Und	1	1	4.17	4.17
Costo mano de obra.						165.56

#### 6. OTROS INSUMOS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Cod	Descripción	UNIDAD	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
1	Cotización de equipos de pintado	Und	8	1	450	3600
2	Cotización silicona (Midsun HVIC HVIC)	Und	30	1	1211.28	36338.4
3	Cotización Solvente solvesso	Und	30	1	1211.28	36338.4
3	Trapo industrial	Kg.	8	1	9	72
3	Alcohol isopropílico	Gl	3	1	70	210
4	Traje de pintores	Und	16	1	29	464
5	Botas blancas de pintor	Und	16	1	35	560
6	Respiradores y tapones de oídos	Und	16	1	100	1600
7	Cinta de embalaje	Und	4	1	4	16
8	Plástico para cubrir celda (TT y TC)	Kg.	28	1	6	168
9	Strech Film	Und	2	1	20	40
Costo mano de obra.						79406.8

Costo directo	S/ 96,482.22
UBS	S/ 22.30
9%	S/105,189.93
9%	\$ 28,429.71

Tabla 34 Cotización de aplicación de recubrimiento RTV de la L-2240 por la empresa VYT

Fuente: Coordinación de mantenimiento de subestaciones

#### 4.2.5 Cotización de actividad de engomado método tradicional, ascenso por escalera por la empresa Ferchale Trading

A continuación, se muestra la cotización alcanzada por la empresa Ferchale Trading, el valor ofertado para la misma celda viene a ser por \$. 25,450.00 dólares americanos, que es menor al precio cotizado por la empresa VYT

**Cotización de Servicios N° FSI-00120-2022 ALTERNAT. # 1**

Lima, 04 de Julio de 2022

Señores: RED DE ENERGIA DEL PERU

Atención: : Ing. Jhorlin Padilla

Referencia: **Servicio de Aplicación Silicona en Equipos de Patio 220KV**

**CHICLAYO - ALTERNATIVA 1: REALIZARLO EN 2 DIAS CONTINUOS**

Estimados Señores:

Nos es grato comunicarnos con ustedes para saludarlos y a la vez hacerles llegar nuestra mejor propuesta económica como se detalla a continuación:

Ítem	Descripción del Trabajo	P.U. (US\$)	Cant.	Total (US\$)
	<b>Servicio de Siliconado a los sgtes equipos 220KV:</b>			
1	01 INTERRUPTOR 01 PARARRAYO 03 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE 03 TRANSFORMADORES DE TENSION 03 SECCIONADORES (06 POLOS CADA SECCIONADOR)	25,450.00	GLB	25,450.00
<b>TOTAL Dólares Americanos (NO INCLUYE IMPUESTOS)</b>				<b>25,450.00</b>

Figura 50 Cotización de la empresa Ferchale, para el engomado de la celda de la L-2240

Fuente: Ferchale Trading

La diferencia radica principalmente en:

- La Empresa Ferchale Trading solo realiza una limpieza superficial, mientras que la empresa VYT retira la grasa silicona que actualmente tienen los equipos.
- La duración de la actividad para la empresa Ferchale es de 2 días, mientras que VYT ofrece terminar la actividad en 1 día.
- La cantidad de personas y equipos de pintado que ofrece la empresa Ferchale es de 15 personas y solo 6 compresores, mientras que la empresa VYT ofrece 30 personas y 8 compresores.

**4.2.6 Cotización de actividad de engomado método mejorado, ascenso por grúa.**

**COTIZACIÓN DE ENGOMADO CON PERSONAL REP SA. CON ALQUILER DE GRÚA**

APROBADO POR RED DE ENERGÍA DEL PERÚ S.A. AVISO N°:  
 UBICACIÓN TÉCNICA Chiclayo 220 KV L-2240 PLAN  
 EQUIPO Toda la celda POSICIÓN  
 DESCRIPCIÓN: Retiro de silicona y aplicación de silgar

**1.1.- MANO DE OBRA**

Cod	Descripción	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
1	Supervisor	1	1	291.54	291.54
2	Linerio + pintores	30	1	290.95	8728.5
3	Operador Grúa	3	1	100	300
4	Ayudante	2	1	50	100
Costo mano de obra.					S/ 9,420.04

**1.2- PRE-ENSAMBLE Y/O MOVILIZACIÓN**

Cod	Descripción	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
1	Camioneta 4x4	0	1	364.46	0
2	Grúa	3	1	2000	6000
3	Liniero	0	1	164.84	0
4	Viático sin pernoctación	0	1	31.24	0
Costo mano de obra.					S/ 6,000.00

**1.3.- VIÁTICOS**

Cod	Descripción	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
1	Viático con pernoctación	30	1	62.48	1874.4
2	Viático sin pernoctación	1	1	31.24	31.24
Costo mano de obra.					S/ 1,905.64

**3. VEHÍCULO**

Cod	Descripción	UNIDAD	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
1	Camioneta 4x4	220KM	1	1	364.46	364.46
2	Camión		1	2	1500	3000
Costo mano de obra.					S/ 3,364.46	

**4. MATERIALES**

Cod	Descripción	UNIDAD	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
1	Trapo arpillera	Kg.	15	1	12.5	187.5
2	Grasa silicona Down Corning	Kg.	0	1	115.29	0

4	Desengrasante dieléctrico (Soldewash)	Gl	10	1	34	340
9	Bolsas ecológicas para desechos	Und	6	1	0.45	2.7
Costo mano de obra.						S/ 530.20

#### 5.EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Cod	Descripción	UNIDAD	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
2	Herramienta 2	Jgo	1	1	5.21	5.21
4	Herramienta 4	Jgo	2	1	8.33	16.66
12	Escalera telescópica	Und	8	1	8.33	66.64
13	Escalera tijera	Und	8	1	8.33	66.64
22	Parantes de seguridad para malla o cinta	Und	1	1	3.12	3.12
23	Cinta de señalización Amarillo y rojo	Und	1	1	3.12	3.12
25	Camilla	Und	1	1	4.17	4.17
Costo mano de obra.						S/ 165.56

#### 6. OTROS INSUMOS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Cod	Descripción	UNIDAD	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
1	Alquiler de equipos de pintado	Und	5	1	500	2500
2	Cotización silicona (Midsun HVIC HVIC)	Und	30	1	1211.28	36338.4
3	Cotización Solvente solvesso	Und	30	1	1211.28	36338.4
3	Trapo industrial	Kg.	8	1	9	72
3	Alcohol isopropílico	Gl	3	1	70	210
4	Traje de pintores	Und	16	1	29	464
5	Botas blancas de pintor	Und	16	1	35	560
6	Respiradores y tapones de oídos	Und	16	1	100	1600
7	Cinta de embalaje	Und	4	1	4	16
8	Plástico para cubrir celda (TT, TC)	Kg.	28	1	6	168
9	Strech Film	Und	2	1	20	40
Costo mano de obra.						S/ 78,306.80

Costo directo	S/	99,692.70
UBS	S/	22.30
9%	S/	108,689.35



Total            \$    29,375.50

Tabla 35 Cotización de engomado con personal REP SA. con alquiler de grúa.  
Fuente: Coordinación de mantenimiento de subestaciones

#### 4.2.6 Cotización de engomado con maquina diseñada, ascenso con manlift articulado

### COTIZACIÓN PARA RECUBRIMIENTO DE EQUIPOS DE PATIO, MEDIANTE MÁQUINA DE ENGOMADO

APROBADO POR UBICACIÓN TÉCNICA EQUIPO	RED DE ENERGÍA DEL PERÚ S.A. Chiclayo 220 KV L-2240 Toda la celda	AVISO N°: PLAN POSICIÓN
---------------------------------------	---	-------------------------------

#### Descripción: RETIRO DE SILICONA Y APLICACIÓN DE SILGAR

##### 1.1.- MANO DE OBRA

Cod	Descripción	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
1	Supervisor	1	1	291.54	291.54
2	Linero	15	1	290.95	4364.25
3	Operador Manlift articulado	3	1	100	300
4	Ayudante	3	1	60	180
Costo mano de obra.				S/ 5,135.79	

##### 1.2.- PRE-ENSAMBLE Y/O MOVILIZACIÓN

Cod	Descripción	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
1	Camioneta 4x4	1	1	364.46	364.46
2	Alquiler de Manlift articulado	1	1	2000	2000
3	Liniero	4	1	164.84	659.36
4	Viático sin pernoctación	8	1	31.24	249.92
Costo mano de obra.				S/ 3,273.74	

##### 1.3.- VIÁTICOS

Cod	Descripción	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
1	Viático con pernoctación	0	1	62.48	0
2	Viático sin pernoctación	0	1	31.24	0
Costo mano de obra.				S/ -	

##### 3. VEHÍCULO

Cod	Descripción	UND	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
1	Camioneta 4x4	220KM	1	1	364.46	364.46
2	Camión		0	2	1500	0
Costo mano de obra.				S/ 364.46		

**4. MATERIALES**

Cod	Descripción	UND	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
1	Trapo arpillera	Kg.	15	1	12.5	187.5
2	Grasa silicona Down Corning	Kg.	0	1	115.29	0
4	Desengrasante dieléctrico (Soldewash)	Gl	10	1	34	340
9	Bolsas ecológicas para desechos	Und	6	1	0.45	2.7
					Costo mano de obra.	S/ 530.20

**5. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

Cod	Descripción	UND	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
2	Herramienta 2	Jgo	1	1	5.21	5.21
4	Herramienta 4	Jgo	2	1	8.33	16.66
12	Escalera telescópica	Und	8	1	8.33	66.64
13	Escalera tijera	Und	8	1	8.33	66.64
22	Parantes de seguridad para malla o cinta	Und	1	1	3.12	3.12
23	Cinta de señalización Amarillo y rojo	Und	1	1	3.12	3.12
25	Camilla	Und	1	1	4.17	4.17
					Costo mano de obra.	S/ 165.56

**6. OTROS INSUMOS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

Cod	Descripción	UND	Cant.	Días	Precio ofertado	Total
1	Alquiler de equipos de pintado	Und	3	1	500	1500
2	Cotización silicona (Midsun HVIC HVIC)	Und	30	1	1,211.28	36338.4
3	Cotización Solvente solvesso	Und	30	1	1,211.28	36338.4
4	Máquina de engomado	Und	3	1	5,000.00	15000
5	Alquiler de Manlift articulado	Und	3	1	1,265.00	3795
3	Trapo industrial	Kg.	8	1	9	72
3	Alcohol isopropílico	Gl	3	1	70	210
4	Traje de pintores	Und	16	1	29	464
5	Botas blancas de pintor	Und	16	1	35	560
6	Respiradores y tapones de oídos	Und	16	1	100	1600
7	Cinta de embalaje	Und	4	1	4	16
8	Plástico para cubrir celda (TT, TC)	Kg.	28	1	6	168
9	Strech Film	Und	2	1	20	40
					Costo mano de obra.	S/ 96,101.80

Costo directo	S/	105,571.55
UBS	S/	22.30
9%	S/	115,097.30
Total	\$	31,107.38

Tabla 36 Cotización para recubrimiento de equipos de patio, mediante máquina de engomado

Fuente: Elaboración propia.

### **4.3. Desarrollo del objetivo 3: Elaborar un análisis económico del VAN y TIR del método tradicional frente al mecanismo automatizado de la aplicación de goma silicona.**

Para la evaluación económica se agrupó las cotizaciones obtenidas por los proveedores, de tal manera que se tiene:

Opción 1: Cotización alcanzada por VYT, aplicación de pintura con pistolas de gravedad y escalamiento con escalera.

Opción 2: Cotización con personal propio, aplicación de pintura con máquina de pintado airless y escalamiento con grúa.

Opción 3: Cotización alcanzada por la empresa Ferchale, empresa dedicada a la aplicación de recubrimiento RTV sobre equipos de patio.

Opción 4 Cotización de elaboración propia, mediante uso de máquina de engomado, con elevación de la máquina mediante brazo articulado Manlift

Además, se consideró una inversión inicial de S/. 15,000.00 en la opción 4, esto debido a que ese será el precio inicial de la manufactura de 3 máquinas de características descritas en el presente proyecto.

Se muestra la columna de penalidades que serían aplicadas si el trabajo no se culmina dentro del tiempo planificado, pero para la evaluación de los indicadores económicos no se consideró, puesto que se trabajó bajo el supuesto de que todas las actividades se culminarán dentro del plazo de tiempo solicitado.

La tasa de interés actual se está considerando con 12% anual, pero se trabajó con un interés mensual de 1%, esto debido a que se trabajó el análisis económico que en un mes solo se realizará una actividad de recubrimiento para las celdas de alta tensión de 220 KV.

---

<b>Métodos de recubrimiento</b>	<b>Costo inicial</b>	<b>Inversión</b>	<b>Penalidades</b>	<b>Tasa de interés mensual</b>
---------------------------------	----------------------	------------------	--------------------	--------------------------------

---

<b>Opción 1</b>	S/.105,189.93	S/ -	S/. 5,000.00	0%
<b>Opción 2</b>	S/.108,689.35	S/ -	S/. 5,000.00	0%
<b>Opción 3</b>	S/.106,277.00	S/ -	S/. 5,000.00	0%
<b>Opción 4</b>	S/.115,097.30	S/.15,000.00	S/. 5,000.00	1%

Tabla 37 Resumen de cotizaciones para la actividad de recubrimiento con silicona RTV sobre equipos de alta tensión de 220KV

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se trabajó los flujos de caja, a manera de comparación, donde las cotizaciones base son las enviadas por la empresa VYT, Ferchale y REP, contra la cotización de elaboración propia (Opción 4).

Los flujos de caja de trabajó bajo las fórmulas de la tabla 38.

<b>Comparación</b>	<b>Fórmula</b>
<b>Opción 4 vs opción 1</b>	$Flujo = Op.1 - (Op4 - inversión)$
<b>Opción 4 vs opción 2</b>	$Flujo = Op.2 - (Op4 - inversión)$
<b>Opción 4 vs opción 3</b>	$Flujo = Op.3 - (Op4 - inversión)$

Tabla 38 Fórmulas para el flujo de caja por trabajo realizado, comparación de opción 4 frente 1,2 y 3

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de flujos de caja obtenidos mediante las fórmulas expresadas en la tabla 38 se muestran en la tabla 39

<b>Flujo por trabajo</b>	<b>Opción 4 vs opción 1</b>	<b>Opción 4 vs opción 2</b>	<b>Opción 4 vs opción 3</b>
<b>Trabajo 1</b>	S/. 5,092.63	S/. 8,592.05	S/. 6,179.70
<b>Trabajo 2</b>	S/. 5,092.63	S/. 8,592.05	S/. 6,179.70
<b>Trabajo 3</b>	S/. 5,092.63	S/. 8,592.05	S/. 6,179.70
<b>Trabajo 4</b>	S/. 5,092.63	S/. 8,592.05	S/. 6,179.70
<b>Trabajo 5</b>	S/. 5,092.63	S/. 8,592.05	S/. 6,179.70
<b>Trabajo 6</b>	S/. 5,092.63	S/. 8,592.05	S/. 6,179.70
<b>Trabajo 7</b>	S/. 5,092.63	S/. 8,592.05	S/. 6,179.70
<b>Trabajo 8</b>	S/. 5,092.63	S/. 8,592.05	S/. 6,179.70
<b>Trabajo 9</b>	S/. 5,092.63	S/. 8,592.05	S/. 6,179.70
<b>Trabajo 10</b>	S/. 5,092.63	S/. 8,592.05	S/. 6,179.70
<b>Trabajo 11</b>	S/. 5,092.63	S/. 8,592.05	S/. 6,179.70
<b>Trabajo 12</b>	S/. 5,092.63	S/. 8,592.05	S/. 6,179.70

Tabla 39 Flujos de por trabajo realizado, proyectado en 12 meses

Fuente: Elaboración propia.

El periodo de recuperación cuando comparamos la opción 4 vs las opciones 1 y 3 es solo en tres trabajos, es decir en 3 meses (para nuestro supuesto que se realiza el recubrimiento de una celda en un mes), mientras que para la opción 2 sería apenas en 2 meses.

A continuación, se muestra los resultados del análisis económico de Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR)

Como se mostró en la tabla 37, se trabajó con los datos de que la inversión de capital sería de S/. 15,000.00, el mismo que sería entregado bajo una tasa de 12% anual, lo que en interés simple equivale a tener 1% de manera mensual, además se evaluó con la consideración de que se dispondrá de un día por celda cada mes, es decir al año se realizaría 12 trabajos, como se muestra en la tabla 39 de flujos de caja. Con estos datos mencionados y mediante el uso de Excel podemos

calcular el VAN y TIR de la comparación de las opciones 1,2 y 3 frente a la opción 4, como se muestra en la tabla 40.

	<b>Opción 4 vs opción 1</b>	<b>Opción 4 vs opción 2</b>	<b>Opción 4 vs opción 3</b>
<b>VAN</b>	S/42,317.95	S/81,704.23	S/54,552.99
<b>TIR</b>	33%	57%	41%

Tabla 40 Resultados del VAN Y TIR

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados obtenidos podemos destacar que, para todas las opciones, la opción 4 resulta la más beneficiosa, según el VAN los 12 flujos mensuales de S/. 8,592.05 de comparación de la opción 4 vs la opción 2 traídas al valor presente representan S/. 8,1704.23 siendo la más beneficiosa, dándonos a entender que, si la empresa quiere realizar el recubrimiento con silicona RTV de una celda de transmisión mediante la opción 2, se debería reconsiderar y plantear la aplicación de la opción 4

De los resultados de TIR para las diversas opciones vemos que la empresa puede endeudarse con el valor de inversión (S/. 15,000.00) hasta por una tasa de 33% incluso superior para las opciones 2 y 3

## V. DISCUSIÓN

- En las primeras páginas de la presente tesis se dio a conocer los beneficios de migrar del mantenimiento tradicional actual del aislamiento que es la renovación de grasa silicona hacia las siliconas RTV, esto debido a que las grasas se llegan a saturar en aproximadamente 3 años en las zonas costeras del Perú y en algunos de los casos hasta en 2 años, mientras que en el caso de la silicona RTV se tiene evidencias concretas en el mismo lugar donde se pretende desarrollar esta tesis, con una duración de más de 10 años, con un mantenimiento menor que solo consiste en la limpieza a trapo, esto está respaldado por la investigación realizada por Huamaní M. (2020) titulada “Recubrimiento con silicona rtv para elementos de media tensión y alta tensión”. Quien comenta que la silicona presenta una alta hidrofobicidad lo que minimiza en casi en su totalidad la corriente de fuga y maximiza la resistencia del nivel de aislamiento incluso después de 10 años de servicio. Por su parte Pombo, J. (2019). En su trabajo “Aplicación de recubrimiento de Hule Dieléctrico de Silicón en subestaciones de alta y media tensión en zonas con severa contaminación para eliminar el lavado en caliente basado en criterios CRD” presentado en el *XXI congreso internacional de mantenimiento y gestión de activos*, menciona entre sus conclusiones que el uso de silicona RTV en el aislamiento de subestaciones AIS aumenta la vida útil del equipo recubierto, disminuye los costos ocasionados por el reemplazo de componentes y que además para el caso de su aplicación específica, disminuye la frecuencia de lavado, por ultimo como comentábamos referente al mantenimiento de la silicona aplicada sobre los equipos con silicona RTV, recomienda que se realice un mantenimiento rutinario de 3 años, que consiste en limpieza a trapo.
- Otro punto importante a resaltar y por lo cual es muy beneficioso el uso de la silicona RTV es el costo de mantenimiento, como se mencionó en el punto anterior, la grasa requiere un cambio cada 3 año o en ocasiones incluso 2 años, para subestaciones que presentan condiciones de humedad y polución mucho más marcadas en la zona donde se ubican. El costo de mantener el aislamiento es elevado frente al mantenimiento de la silicona RTV  
Es elevado, dado que en el primero implica cambiar toda la grasa, para lo cual hay que retirar en primer lugar la que ya se encuentra saturada y una vez limpia la



superficie, volver a aplicar la grasa nueva, mientras que para la silicona RTV el mantenimiento solo consiste en la limpieza a trapo, lo cual requiere menos tiempo de indisposición de la línea, menos personal de trabajo laborando, penalidades por excederse del tiempo programado para el mantenimiento. Huamaní M. (2020) titulada “Recubrimiento con silicona rtv para elementos de media tensión y alta tensión” presenta una figura que compara los costos de mantenimiento del aislamiento ya sea por lavado, engrasado o aplicación de silicona RTV en una ventana de tiempo de 10 años.

- Uno de los puntos más importantes por los que en la actualidad no se llega a realizar la aplicación del recubrimiento RTV sobre los aisladores es debido a que la actividad mediante los métodos tradicionales con los que se han venido trabajando es por el tiempo que demora esta actividad, requiere mucho tiempo y de personal, es por ello que es necesario identificar la manera de que esto se realice en un menor tiempo y de alguna manera reducir los recursos, de tal manera que la actividad sea menos costosa, además que se corre el riesgo de que se nos aplique una penalidad por el hecho de terminar fuera de tiempo programado. Muchas de las líneas de transmisión son críticas y solo se dispone de pocas horas al año para actividades de mantenimiento, es por lo mismo que se requiere automatizar en su totalidad o en parte dicha actividad. Se observó el desarrollo de la actividad, la forma de los equipos y se plantea que al ser actividades cíclicas se puede realizar de una manera automática, esto reduciría el tiempo para aplicar la silicona, mejora el método, homogeniza la calidad del pintado (espesor) y reduce en gran manera la probabilidad de penalidades. En el mercado no se han encontrado productos diseñados para ser aplicados específicamente en esta actividad, sin embargo, Utkarsha (2018) desarrolló una máquina robotizada automática para el pintado de paredes y concluye que las actividades de pintado son desarrolladas en periodos más cortos y con una precisión equivalente a la aplicación manual.
- El diseño del mecanismo fue propuesto en función de la necesidad y el avance que se requiere obtener. Todos los aisladores que se requieren pintar tienen una forma cilíndrica con bordes de forma similar al de un plato invertido, esto con la finalidad

de aumentar la línea de fuga; los aisladores en su mayoría son dispuestos de forma vertical, a excepción de la mayoría de los transformadores o reactores que tienen sus aisladores con cierta inclinación. El diseño fue pensado en los aisladores que se disponen de forma vertical, donde las bases del equipo tendrán una forma de C con una amplitud de 200° esta forma permitirá el movimiento alrededor del aislador, cubriendo los 360 grados a pintar, sobre la base se montarán 2 ejes con rosca Helicoidal que permitirá el desplazamiento vertical de los soportes para los pulverizadores, de esa manera el mecanismo asegura el pintado de la vuelta completa del aislador por un metro de longitud vertical, de requerir más longitud el mecanismo será elevado por un brazo articulado, logrando así cubrir todo el aislador, este mecanismo es el que más se ajusta para el pintado del equipo. La fortaleza de este diseño es que tendrá dos pulverizadores que pintarán de manera simultánea, el tiempo de pintado será controlado y se mantendrá una calidad en el pintado, por otro lado, una de las debilidades que presenta el diseño es que no será posible pintar equipos muy elevada altura ya que podría producir inestabilidad por el fuerte viento o para aisladores con inclinación. Vargas, J. (2020). Propuso el diseño de un Robot manipulador para aplicación de recubrimiento en líneas de alta tensión, específicamente en las cadena de aisladores de la línea, en su trabajo específicamente se aboca a diseñar los grados de libertad de movilidad del robot, el cual presenta brazos articulados que serán movidos con pistones, gran parte del mecanismo será desarrollado con aluminio por ser más maleable, ligero y no magnetico.

## VI. CONCLUSIONES

- La estructura mecánica diseñada en forma de una “C” aumenta la velocidad de pintado en un 200%, esto debido a que 2 pulverizadores de pintura realizarán el trabajo al mismo tiempo, mientras que en el método tradicional el pintado solo es desarrollado por una persona usando solo un pulverizador, además, el diseño eléctrico permitirá una correcta homogenización de la aplicación del recubrimiento RTV sobre los aisladores, mediante la regulación de la velocidad del desplazamiento de los pulverizadores a 16 mm/s. asegurará el espesor de 300 micras de recubrimiento sobre el aislador.
- La velocidad de pintado desde la primera aplicación de engomado hasta la última aumentó en un 540% (según la figura 44) esto se debió a factores como el método de aplicación, la experiencia de los trabajadores y el tipo de máquina pulverizadora a usar, mientras que mediante la aplicación de la máquina se calcula alcanzar un aumento de la velocidad del 700%. Además, el costo de tercerizar la actividad según las cotizaciones referente al método tradicional supone un incremento del 1% realizando el trabajo en dos días, con la diferencia que pueden ser continuos o varios meses después, mientras que usando 3 de las máquinas diseñadas para tal fin se podría culminar la actividad en un solo día y con un incremento 9% referente al método tradicional, además que cada máquina quedaría como un activo para ser usado en los siguientes trabajos.
- El resultado del valor actual neto referente a comparar las cotizaciones del método tradicional frente al uso de las 3 máquinas de recubrimiento en un programa de mantenimiento de 12 trabajos durante un año, representa un flujo mensual de S/. 5092.63, lo cual traídos al valor actual representan una ganancia de S/. 42,317.95, de la misma manera y bajo los mismos parámetros comparando el método propuesto frente al uso de grúas se tiene un flujo mensual de dinero S/. 8,592.05 lo cual traídos al valor actual neto representan S/81,704.23 y frente a la cotización alcanzada por la empresa Ferchale los flujos de caja representan un VAN de S/54,552.99. Por otro lado, la tasa interna de retorno resultado de la comparación de realizar el trabajo mediante el método tradicional, el uso de grúas o la oferta de

Ferchale, frente al uso de 3 máquinas de aplicación de recubrimiento nos indica que la tasa de interés de mercado del 12% al año con lo que se evaluó es muy buena y que incluso aceptando una tasa de interés del 33% el proyecto tendrá resultados económicos positivos.

## VII. RECOMENDACIONES

Habiendo realizado un análisis de los resultados encontrados se tiene las siguientes recomendaciones.

- La empresa debe invertir un capital destinado a la manufacturación de la máquina diseñada propuesta en el presente trabajo, con el fin de emplear equipos que conlleven a la realización del recubrimiento de la goma silicona sobre los equipos de patio de llaves de alta tensión.
- Fomentar la innovación en los colaboradores de la empresa o a través de las universidades para la realización de un proyecto que dé solución a la problemática de los tiempos y costos excesivos en el recubrimiento de goma silicona sobre los equipos de alta tensión.
- Realizar las pruebas de la máquina diseñada sobre equipos que se encuentran en almacén, con el fin de evaluar el desempeño y proponer mejoras que busquen cumplir con las expectativas de recubrir los equipos de patio de llaves con silicona RTV disminuyendo el tiempo y los costos de dicha actividad.
- Realizar pruebas en patio de llaves, específicamente en la celda de acoplamiento dado que no se tendría restricción de suministro ni premura de tiempo para la ejecución de la prueba, se puede trabajar en los equipos que se encuentren desenergizados, de esta manera podemos evaluar el desempeño, registrar el tiempo para el trabajo del engomado y estimar el tiempo total para recubrir toda la celda.

## REFERENCIAS

- Alvarado. (2017). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de los equipos críticos de las principales subestaciones de la empresa de energía de Boyacá S.A. E.S.P. aplicado por la empresa asistencia técnica industrial LTDA. *[Tesis no publicada, Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia Facultad Seccional Duitama]*. Obtenido de [https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2722/1/TGT\\_1317.pdf](https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2722/1/TGT_1317.pdf)
- B. Sai Krishna. (2019). Fabrication of Automatic Wall Painting Machine. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING RESEARCH & TECHNOLOGY (IJERT)*. Obtenido de <https://www.ijeter.everscience.org/Manuscripts/Volume-6/Issue-2/Vol-6-issue-2-M-09.pdf>
- C., R. (2011). *Mecánica de materiales, (Octava Edición)*. Ciudad de Mexico: Pearson.
- Cámara. (2019). Diseño y construcción de un sistema de lavado en vivo para los aisladores de transformadores. *[Tesis de bachiller no publicada, Universidad de Veracruz]*. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432012000200010](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432012000200010)
- Cherney. (2016). Silicone a high-tech solution for a dirty insulator problem. *IEEE*, 1 - 7. doi:DOI 10.1109/57.475903
- COES. (2016). Informe de desconexión de la línea L-5036 Ocoña – San José de 500 KV (Evento 045-2016). *COES SINAC*. Obtenido de <https://www.coes.org.pe/portal/browser/download?url=Post%20Operaci%C3%B3n/Análisis%20de%20Fallas/2016/1018/EV-CTI-2016-1018.pdf>
- COES. (2017). Informe de desconexión de la SE Huacho de 220Kv (Evento 042-2017). *COES SINAC*. Obtenido de <https://www.coes.org.pe/portal/browser/download?url=Post%20Operaci%C3%B3n/Análisis%20de%20Fallas/2017/1101/EV-DEC-2017-1101.pdf>

- Cuevas, J. (2017). Coordinación del aislamiento en subestaciones de alta tensión y aplicaciones especiales, artículo técnico. 1 - 13. Obtenido de [https://kupdf.net/download/aislamiento-en-subestaciones-de-alta-tension\\_59777cfadc0d60016a043371\\_pdf](https://kupdf.net/download/aislamiento-en-subestaciones-de-alta-tension_59777cfadc0d60016a043371_pdf)
- Espinel. (06 de Diciembre de 2019). Prototipo de máquina para fabricar ensilaje utilizando un tornillo sin fin para la compresión del producto en bolsa plástica. Bogotá, Colombia. doi:<https://doi.org/10.24054/16927257.v29.n29.2017.2487>
- G., I. (2016). *Transmisión de potencia, Piñones y cadenas (Sexta Edición)*. Bogota: Intermec S.A.
- Gervais, Y. (2016). Estudio del problema de contaminación en los aisladores para líneas de transmisión de alto voltaje. 1 - 21. Obtenido de <https://www.revistas.usach.cl/ojs/index.php/contribuciones/article/view/3003>
- Giles. (2020). Estudio de la aplicación del recubrimiento dieléctrico en aisladores de alta tensión en la línea de transmisión Trujillo Norte – Santiago de Cao L-1118/138kv para mejorar la confiabilidad. *[Tesis de Bachiller no publicada, Universidad Cesar Vallejo, Trujillo]*. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50876>
- Hakan, F. (2016). Porcelain insulator maintenance with RTV Silicone Rubber coating. 1 - 5. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/85865> DOI 10.1109/61.85865
- Hernández. (2018). Estudio y evaluación de un recubrimiento nano-dieléctrico para uso en aisladores. *[Tesis no publicada, Universidad Técnica Federico Santa María]*. Obtenido de <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/40152>.
- Huamaní. (2020). Recubrimiento con silicona rtv para elementos de media tensión y alta tensión. *CITE ENERGÍA*. Obtenido de [http://www.citeenergia.com.pe/wp-content/uploads/2020/07/Ing.-Miguel-Huamani-Infanzon\\_compressed.pdf](http://www.citeenergia.com.pe/wp-content/uploads/2020/07/Ing.-Miguel-Huamani-Infanzon_compressed.pdf)
- IEEE. (2018). Guide for the Application, Maintenance, and Evaluation of Room-Temperature Vulcanizing (RTV) Silicone Rubber Coatings for Outdoor Ceramic Insulators. doi:DOI 10.1109/IEEESTD.2018.8585415

- INMR. (08 de Noviembre de 2021). *INMR Español*. Obtenido de <https://www.inmr.com/specifying-rtv-silicone-coatings-for-overhead-transmission-lines-es/>
- James M, B. J. (2009). *Mecánica de materiales (Septima Edición)*. Ciudad de Mexico: Cengage Learning.
- Keerthanaa. (2016). Automatic wall painting robot. Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/AUTOMATIC-WALL-PAINTING-ROBOT-P.Keerthanaa-K.Jeevitha/24d053668b40ea7d1d76ddb1fa868a401f08b573>
- Madhira, K. (2017). Automatic Guided Wall Painting System. *IEEE*, 1 - 5. doi:DOI 10.1109/NUICONE.2017.8325614
- Marzinotto, M. (2016). RTV Pre-coated cap-and-pin toughened glass insulators - a wide experience in the Italian overhead transmission system. 1 -4. doi:DOI 10.1109/CEIDP.2015.7351986.
- Morales. (2019). Análisis en la selección de aisladores para una línea de transmisión. *[Tesis no publicada, Universidad Nacional Autónoma De México]*. Obtenido de [https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB\\_UNAM/TES01000797868](https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000797868)
- Nezared, G. (2016). Planificación y programación del mantenimiento de la subestación Santa Rosa. *[Tesis no publicada, Escuela Politécnica Del Ejercito]*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/4468>
- Niño. (2016). Análisis de la recuperación de aislamiento utilizando la técnica del lavado en caliente en una subestación eléctrica de 220 kV. *[Tesis no Publicada, Universidad Tecnológica De Bolívar]*. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/17086/Tesis.pdf?sequence=3>
- Olivares, J. (2019). X Congreso latinoamericano y VII iberoamericano en alta tensión y aislamiento eléctrico. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/344174217\\_X\\_Congreso\\_Latinoamericano\\_y\\_VII\\_Iberoamericano\\_en\\_Alta\\_Tension\\_y\\_Aislamiento\\_Electrico/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/344174217_X_Congreso_Latinoamericano_y_VII_Iberoamericano_en_Alta_Tension_y_Aislamiento_Electrico/citation/download)



- Osinergmin. (2018). Mejores prácticas para el análisis y supervisión de interrupciones en redes eléctricas de distribución primaria. Obtenido de [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/Publicaciones/Mejores-practicas-analisis-supervision-interrupciones-redes-electricas.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/Publicaciones/Mejores-practicas-analisis-supervision-interrupciones-redes-electricas.pdf)
- P., M. (2019). Diseño y cálculo de un reductor de velocidad para un tornillo sin fin transportador compactador. Valencia, España. doi:<http://hdl.handle.net/10251/127512>
- P., V. (2017). Diseño de un reductor de dos etapas de engranajes cilíndricos de dientes rectos con tornillo sin fin para el accionamiento de una criba rotativa para lavado de roca. Valencia, España. doi:<http://hdl.handle.net/10251/89793>
- Pfisterer. (2016). Aisladores de silicona silcosil, artículo técnico. 1-20. Obtenido de <https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/349/1259/6572/6575/77297.pdf>
- Pombo, J. D. (2019). Sistema de Detección y Pronóstico de la Contaminación presente en Aisladores de Alta Tensión de la Subestación Nueva Barranquilla. *XXI Congreso internacional de mantenimiento y gestión de activos*. Obtenido de [http://www.educacion.aciem.org/CIMGA/2019/Trabajos/19051\\_TRA\\_COL\\_J\\_POMBO\\_CIMGA2019.pdf](http://www.educacion.aciem.org/CIMGA/2019/Trabajos/19051_TRA_COL_J_POMBO_CIMGA2019.pdf)
- Pombo, J. J. (2019). Aplicación de recubrimiento de Hule Dieléctrico de Silicón en subestaciones de alta y media tensión en zonas con severa contaminación para eliminar el lavado en caliente basado en criterios CRD. *XXI congreso internacional de mantenimiento y gestión de activos*. Obtenido de [https://educacion.aciem.org/CIMGA/2019/Trabajos/19056\\_TRA\\_COL\\_J\\_POMBO\\_CIMGA2019.pdf](https://educacion.aciem.org/CIMGA/2019/Trabajos/19056_TRA_COL_J_POMBO_CIMGA2019.pdf)
- Quiroz, O. (2016). Evaluación del Recubrimiento Polimérico para Aisladores Convencionales. 1 - 27. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/257945015\\_Evaluacion\\_del\\_Recubrimiento\\_Polimerico\\_para\\_Aisladores\\_Convencionales](https://www.researchgate.net/publication/257945015_Evaluacion_del_Recubrimiento_Polimerico_para_Aisladores_Convencionales)

- R, M. (2019). Mechanics of robot inspector on electrical transmission lines conductors: performance analysis of dynamic vibration absorber Vibro engineering PROCEDIA. doi:<https://doi.org/10.21595/vp.2019.20807>
- R., B. (2018). Mechanics of diagnostic machine on electrical transmission lines conductors. *MATEC*. doi:<https://doi.org/10.1051/mateconf/201822402021>
- R., M. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. Ciudad de México: Pearson.
- Reynders, J. (2016). Silicone based hydrophobic coating for high voltage insulators,. *IEEE*, 1 - 4. doi:DOI 10.1109/AFRCON.1992.624524
- Richard G., K. N. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. . Ciudad de Mexico: McGraw Hill.
- S., T. (2017). Diseño y cálculo de un reductor de velocidad con relación de transmisión 16,01 y par máximo a la salida de 2388 NM. Valencia, España.
- Salvador, J. (2016). Desconexión de la línea L-2249 (Talara – Zorritos) de 220 kV, (INFORME TÉCNICO 014-2016). *COES SINAC*. Obtenido de [http://www.coes.org.pe/wcoes/coes/sicoes/operacion/fallas/afallas\\_det.aspx?q\\_s\\_evecodi=249661](http://www.coes.org.pe/wcoes/coes/sicoes/operacion/fallas/afallas_det.aspx?q_s_evecodi=249661).
- Seong, K. (2016). ) Charge–Discharge and Thermal–Electrical Characteristics of GdBCO Coils Wound With Various Types of Grease as an Insulation Material. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/7407569?arnumber=7407569> DOI 10.1109/TASC.2016.2530747
- Serna, J. (2018). Manual de mantenimiento preventivo- predictivo - correctivo para trabajos con tensión en subestaciones y líneas CHEC. Medellín. Obtenido de [https://www.chec.com.co/Portals/0/MA-DI-08-002-021%20MA\\_MTO\\_PREV\\_PRED\\_CORREC\\_TRAB\\_CON\\_TENS\\_SUB.pdf](https://www.chec.com.co/Portals/0/MA-DI-08-002-021%20MA_MTO_PREV_PRED_CORREC_TRAB_CON_TENS_SUB.pdf)
- Silicon, C. (2016). Silicona Si-COAT® RTV Recubrimiento de aisladores de alta tensión. 1 - 12. Obtenido de <https://www.cslsilicones.com/ES/explore-by-sector/manufacturing-industrial/item/recubrimientos-de-aisladores-de-alta-tension.html>

- Silva. (2018). Modelo de mantenimiento para aisladores contaminados en la línea 220 KV Córdores. [Tesis no publicada, Universidad Técnica Federico Santa María]. Obtenido de <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/42728>
- Song, W. (2016). Aging Characterization of High Temperature Vulcanized Silicone Rubber Housing Material Used for Outdoor Insulation. 1 - 9. doi:DOI 10.1109/TDEI.2015.7076797
- Ticona. (2017). Informe final de perturbaciones del SEIN (Informe SCO – N1 – 008 IF – 2017). Obtenido de <https://www.coes.org.pe/portal/browser/download?url=Post%20Operaci%C3%B3n/Análisis%20de%20Fallas/2017/1059/EV-IEI-2017-1059-1-F.pdf>.
- Translink. (2020). Power Transmission, Piñones y Discos. *Catálogo Trnaslink*, 68.
- Troncoso, E. (2016). La importante contribución de recubrimientos de silicona RTV para el funcionamiento de componentes y estructuras auxiliares en Subestaciones y Líneas de Transmisión. *CSL Silicone inc*. Obtenido de <http://www.citeenergia.com.pe/wp-content/uploads/2016/09/csl-silicones-congreso.pdf>
- Vargas, J. (2020). Robot manipulador para aplicación de recubrimiento en líneas de alta tensión. Obtenido de <https://www.mecatronica.net/emilio/ArtCongNac/10-2001.PDF>
- Vera, J. (2019). Análisis comparativo técnico económico de aisladores poliméricos y de porcelana para redes de media tensión en el distrito de Pariñas I etapa de la provincia de Talara-Piura. [Tesis de bachiller, Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur]. Obtenido de <http://repositorio.untels.edu.pe//handle/123456789/367>
- Vlastós, A. (2016). Monitoreo de corriente de fuga a la intemperie en aisladores de alta tensión de elastómeros de silicona y de porcelana, en condiciones de operación de costa marina. Obtenido de [https://www.psptechnologies.com/Assets/nonhtml/articulo\\_sueco\\_espanol.pdf](https://www.psptechnologies.com/Assets/nonhtml/articulo_sueco_espanol.pdf).

## **ANEXOS**

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>Diseño de un mecanismo automatizado (Independiente)</b>	Sistema capaz de <b>ejecutar acciones</b> previamente establecidas en espacio y tiempo sin necesidad de intervención humana. F. Torres (2016)	Se aplicará una encuesta para conocer las expectativas y criterios para tener en cuenta para el diseño del mecanismo.	Ejecutar la actividad	Metodología actual de aplicación	Ordinal
				Necesidad de automatizar el proceso.	Ordinal
				Metodología propuesta de aplicación	Ordinal
				Desmontable	Ordinal
				Criterio de diseño	Ordinal
Operación manual	Ordinal				
				Transportable.	Ordinal

Anexo 1 Operacionalización de la variable independiente

Fuente: Elaboración propia.

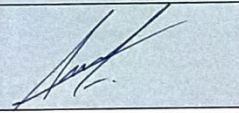
Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>Tiempo de duración de la actividad (Dependiente)</b>	Magnitud física que permite ordenar la secuencia de sucesos, estableciendo un pasado, un presente y un futuro, y cuya unidad en el sistema internacional es el segundo. RAE 2020.	- Se aplicará fichas de observación para el registro de tiempo de realizar el recubrimiento de un equipo teniendo en cuenta cada actividad que la conforman.	- Tiempo total para aplicar el recubrimiento de un equipo. (Método tradicional frente al uso de un mecanismo automatizado)	- Horas por metro cuadrado de recubrimiento RTV	Razón
		- Se aplicará una entrevista a las personas que participaron en actividades de recubrimiento a equipos de alta tensión.	-	- Cantidad de personas que aplican el recubrimiento.	Razón
		-	-	- Cantidad de equipamiento usado (aspersor y compresores)	Razón
		-	-	-	-
			- Tiempo de preparación para realizar el pintado de un equipo.	- Cantidad de andamios por armar o grúas usadas en la actividad	Razón
				- Número de armadores de andamios.	Razón

<b>Costo de la actividad de recubrimiento de RTV (Dependiente)</b>	Medición en términos monetarios de la cantidad de recursos usados para algún propósito u objetivo, tal como un producto comercial ofrecido para la venta general o un proyecto de construcción.	- Se aplicará el instrumento de ficha de registro de datos teniendo en cuenta los costos que cada actividad genera, con el fin de representar las actividades que generan mayores costos, realizar un análisis económico y presentar propuestas para ser eficientes con el uso de recursos económicos.	- Cantidad total en moneda nacional (S/.) del costo de la actividad (Método tradicional frente al uso de un mecanismo)	- Cantidad de personas realizando la actividad.	Razón
	Edward Menesby (2016)			- Pagos por compensaciones.	Razón
				- Costo de materiales e insumos (Recubrimiento RTV, disolvente, entre otros).	Razón
				- Cantidad de equipamiento usado (aspersor y compresores)	Razón
				- Equipamiento usado.	
				- Número de medidor de espesor de pintura.	Razón
				- Cantidad de pintura.	

Anexo 2 Operacionalización de variables

Fuente: Elaboración propia.

### FICHA DE VALIDACIÓN DEL CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

<b>Nombre del instrumento</b>		Ficha de registro de datos					
<b>Objetivo del instrumento</b>		Medir los tiempos y costos de aplicación de silicona RTV mediante el método convencional.					
<b>Aplicado a la muestra participante</b>		<i>Sub gerencia de transmisión Norte (Equipo de mantenimiento)</i>					
<b>Nombre y apellido del experto</b>		Walther Enrique Arenas Vinces					
<b>Título profesional</b>		Ing. Mecánico Electricista					
<b>Grado académico</b>		Msc. Ing. Mecánico Electricista					
<b>Firma</b>					<b>Lugar y fecha</b>		<i>10/12/21</i>
ITEM	CRITERIOS PARA EVALUAR						Observaciones (Si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)
	Pertinencia		Relevancia		Claridad		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	✓		✓		✓		
<b>Aspectos generales</b>					<b>SI</b>	<b>NO</b>	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario.					✓		
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación.					✓		
El número de ítem es suficiente para recoger la información. En el caso de ser negativa su respuesta, sugiera ítems a añadir.					✓		
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE			✓	NO APLICABLE			
<b>APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES</b>							

**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

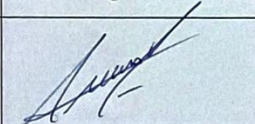
**Relevancia:** El ítem es adecuado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

**Anexo 3:** Validación de contenido de ficha de registro de dato



### FICHA DE VALIDACIÓN DEL CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

<b>Nombre del instrumento</b>		Cuestionario					
<b>Objetivo del instrumento</b>		Conocer las expectativas y criterios a tener en cuenta para el diseño del mecanismo					
<b>Aplicado a la muestra participante</b>		<i>Sub gerencia de Transmision norte (Equipo de mantenimiento)</i>					
<b>Nombre y apellido del experto</b>		Walther Enrique Arenas Vincés					
<b>Título profesional</b>		Ing. Mecánico Electricista					
<b>Grado académico</b>		Msc. Ing. Mecánico Electricista					
<b>Firma</b>					<b>Lugar y fecha</b>		<i>10/12/21</i>
ITEM	CRITERIOS PARA EVALUAR						Observaciones (Si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)
	Pertinencia		Relevancia		Claridad		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	✓		✓		✓		
<b>Aspectos generales</b>					<b>SI</b>	<b>NO</b>	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario.					✓		
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación.					✓		
El número de ítem es suficiente para recoger la información. En el caso de ser negativa su respuesta, sugiera ítems a añadir.					✓		
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE			✓		NO APLICABLE		
<b>APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES</b>							

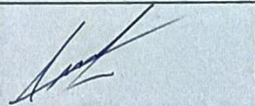
**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

**Relevancia:** El ítem es adecuado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

#### Anexo 4: Validación de instrumento cuestionario

### FICHA DE VALIDACIÓN DEL CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

<b>Nombre del instrumento</b>		Guía de entrevista					
<b>Objetivo del instrumento</b>		Medir los tiempos y costos de aplicación de silicona RTV mediante el método convencional.					
<b>Aplicado a la muestra participante</b>		<i>Sub gerencia de transmisión Norte (Subestaciones)</i>					
<b>Nombre y apellido del experto</b>		Walther Enrique Arenas Vines					
<b>Título profesional</b>		Ing. Mecánico Electricista					
<b>Grado académico</b>		Msc. Ing. Mecánico Electricista					
<b>Firma</b>					<b>Lugar y fecha</b>		<i>10/12/21</i>
ITEM	CRITERIOS PARA EVALUAR						Observaciones (Si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)
	Pertinencia		Relevancia		Claridad		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	✓		✓		✓		
<b>Aspectos generales</b>					<b>SI</b>	<b>NO</b>	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario.					✓		
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación.					✓		
El número de ítem es suficiente para recoger la información. En el caso de ser negativa su respuesta, sugiera ítems a añadir.					✓		
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE			✓	NO APLICABLE			
<b>APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES</b>							

**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

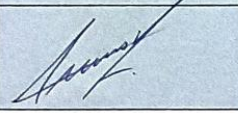
**Relevancia:** El ítem es adecuado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

**Anexo 5:** Validación del instrumento “Guía de entrevista”



### FICHA DE VALIDACIÓN DEL CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

<b>Nombre del instrumento</b>		Ficha de observación					
<b>Objetivo del instrumento</b>		Medir los tiempos y costos de aplicación de silicona RTV mediante el método convencional.					
<b>Aplicado a la muestra participante</b>		<i>Sub gerencia de transmisión Norte (Subestaciones)</i>					
<b>Nombre y apellido del experto</b>		Walther Enrique Arenas Vincés					
<b>Título profesional</b>		Ing. Mecánico Electricista					
<b>Grado académico</b>		Msc. Ing. Mecánico Electricista					
<b>Firma</b>					<b>Lugar y fecha</b>		<i>10/12/21</i>
ITEM	CRITERIOS PARA EVALUAR						Observaciones (Si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)
	Pertinencia		Relevancia		Claridad		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	✓		✓		✓		
<b>Aspectos generales</b>					<b>SI</b>	<b>NO</b>	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario.					✓		
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación.					✓		
El número de ítem es suficiente para recoger la información. En el caso de ser negativa su respuesta, sugiera ítems a añadir.					✓		
<b>VALIDEZ</b>							
APLICABLE			✓		NO APLICABLE		
<b>APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES</b>							

**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

**Relevancia:** El ítem es adecuado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Anexo 6: Validación del instrumento “Ficha de observación”

Instrumento de recolección de datos

Ficha de observación

**Empresa** RED DE ENERGIA DEL PERU S.A.  
**Celda** CELDA T-16 S.E. CHICLAYO OESTE 220/60/22.9 kV  
**Proceso** APLICACION DE GOMA SILICONA  
**Responsable** CESAR AUGUSTO CARMONA BERNILLA  
**Fecha** 12, 13/03/2022 Hora de inicio 06:00 hrs Hora de fin 16:00 hrs  
**Método de pintado** APLICACIÓN CON PULVERIZADOR MANUAL Y CON ASCENSO CON GRÚA (CANASTILLA)

Equipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	APOYO PARA LA ACTIVIDAD DE RECUBRIMIENTO			APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO			
		Tiempo de armar andamios (H) <small>GRUA</small>	N° de armadores de andamios <small>GRUA</small>	Horas - hombre	Tiempo de pintado (H)	N° de Personal aplica recubrimiento	Horas - hombre	m <sup>2</sup> /horas
T16-260 (R) 220kV		02	02		02	02	04	
T16-260 (S) 220kV					02	02	04	
T16-260 (T) 220kV					02	02	04	
T16-260 (R) 60kV		-	-		1.5	02	0.75	
T16-260 (S) 60kV		-	-		1.5	02	0.75	
<b>TOTAL T16-260 (T) 60kV</b>		-	-		1.5	02	0.75	

Otros indicadores	
Cantidad de compresores	1
Cantidad de aspersores	1
Cantidad de andamios	-
Cantidad de grúas usadas	1
Tiempo de cumplimiento de las 5 reglas de oro (min)	50
Tiempo de cubrir la graba y partes metálicas (min)	30
Tiempo para normalizar y liberar área de trabajo (min)	40

OBSERVACIONES:

- Las 02 hrs de pintado son efectivos
- En la actividad participaron 06 personas
- La grúa se usó para la primera fecha para los bujes 220kV
- Para esta actividad, se realiza la limpieza previa de los bujes (Dejando la superficie sin polvo, sin grasa y seco)



César Carmona

**Anexo 7:** Instrumento de recolección de datos para la variable Tiempo de duración de la actividad - Chiclayo



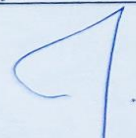
Instrumento de recolección de datos

**Ficha de observación**

**Empresa** RED DE ENERGÍA DEL PERÚ S.A.  
**Celda** CELDA IN-5162 SE. LAGUNA LA NIÑA 500KV  
**Proceso** APLICACIÓN DE GOMA SILICONA  
**Responsable** ELTON WILLY ALVAREZ ALARCÓN  
**Fecha** 03, 08, 09 / 10 / 2021 **Hora de inicio** 07:00 hrs **Hora de fin** 17:00 hrs  
**Método de pintado** APLICANDO CON PULVERIZADOR MANUAL Y CON ASCENSO CON GRÚA (CANASTILLA).

Equipo	Superficie (m2)	APOYO PARA LA ACTIVIDAD DE RECUBRIMIENTO			APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO			m2/horas
		Tiempo de armar andamios (H) <i>GRUA</i>	N° de armadores de andamios <i>GRUA</i>	Horas - hombre	Tiempo de pintado (H)	N° de Personal aplica recubrimiento	Horas - hombre	
IN-5162 "R"					3.5	02	1.75	
IN-5162 "S"					3.5	02	1.75	
IN-5162 "T"					3.5	02	1.75	
<b>TOTAL</b>								

Otros indicadores	
Cantidad de compresores	1
Cantidad de aspersores	1
Cantidad de andamios	—
Cantidad de grúas usadas	1
Tiempo de cumplimiento de las 5 reglas de oro (min)	50
Tiempo de cubrir la graba y partes metálicas (min)	30
Tiempo para normalizar y liberar área de trabajo (min)	40

 Elton Alvarez

**OBSERVACIONES:**

- LAS 3.5 hrs DE PINTADO SON EFECTIVAS.
- EN LA ACTIVIDAD PARTICIPARON 06 PERSONAS
- LOS TIEMPOS DE GRUA SON VARIABLES, PORQUE SE COLOCAN EN DISTINTAS POSICIONES Y ANGULOS.
- PARA ESTA ACTIVIDAD, COMO ACTIVIDAD PREVIA HAY QUE LIMPIAR EL AISLADOR (DEJANDO LA SUPERFICIE SIN POLVO, GRASA Y SELO)

**Anexo 8:** Instrumento de recolección de datos para la variable Tiempo de duración de la actividad – La Niña

**Instrumento de recolección de datos**
**Ficha de observación**

<b>Empresa</b>	Red de Energía del Perú S.A.				
<b>Celda</b>	CL IN-4006, S.E Chimbote				
<b>Proceso</b>	Mantenimiento del aislamiento de equipos de alta tensión				
<b>Responsable</b>	Pedro Sánchez Domínguez				
<b>Fecha</b>	8/03/2022	<b>Hora de inicio</b>	07:21	<b>Hora de fin</b>	15:15
<b>Método de pintado</b>	Aplicación utilizando pistola de gravedad a baja presión con compresor.				

Equipo	Superficie (m <sup>2</sup> )	APOYO PARA LA ACTIVIDAD DE RECUBRIMIENTO			APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO			
		Tiempo de armar andamios (H)	N° de armadores de andamios	Horas - hombre	Tiempo de pintado (H)	N° de Personal aplica recubrimiento	Horas - hombre	m <sup>2</sup> /horas
TC-4011 (R.S y T)	21.0	-	-		4	4	1	5.25
TC-4012 (R.S y T)	9.0	-	-		1	4	0.25	9
IN-4006	22.5	-	-		3	4	0.75	7.5
<b>TOTAL</b>	52.5				8			6.6

Otros indicadores	
Cantidad de compresores	1
Cantidad de aspersores	1
Cantidad de andamios	-
Cantidad de grúas usadas	-
Tiempo de cumplimiento de las 5 reglas de oro (min)	50
Tiempo de cubrir la graba y partes metálicas (min)	30
Tiempo para normalizar y liberar área de trabajo (min)	40

**Observaciones:**

Para la ejecución de la actividad los equipos se encontraban sin grasa silicona en su superficie con ascenso por escalera.



Pedro Sánchez

**Anexo 9:** Instrumento de recolección de datos para la variable Tiempo de duración de la actividad – Chimbote

**Anexo 10:** Instrumento de recolección de datos “Encuesta”



Instrumento de Evaluación N° 1

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Técnica de recolección de datos : Encuesta**

Dirigida a colaboradores del área de mantenimiento de REP SA.

La siguiente encuesta tiene como objetivo recolectar datos importantes para la presente investigación “Diseño de un mecanismo automatizado para optimizar costos y tiempos en la aplicación de silicona RTV en aisladores de la subestación Chiclayo”. Las preguntas están orientadas a conocer la expectativa de las personas respecto a la variable de investigación propuesta “**Diseño de un mecanismo automatizado**” por lo que se le solicita tenga a bien responder al siguiente cuestionario con la mayor honestidad y claridad posible.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Arcadio Culquichicón", written in a cursive style.

17987778

*Arcadio Culquichicón*

## CUESTIONARIO

1. ¿Considera útil la necesidad de automatizar el proceso de recubrimiento con silicona RTV sobre los equipos de alta tensión?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
  
2. ¿Considera que la automatización del proceso reduciría el tiempo de la actividad de recubrir con silicona RTV los equipos de alta tensión?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
  
3. ¿Considera que la automatización del proceso reduciría el costo de la actividad de recubrir con silicona RTV los equipos de alta tensión?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
  
4. ¿Considera que los métodos de aplicación del recubrimiento RTV (Goma silicona) en la actualidad son eficientes?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.



- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
5. ¿Considera que mediante el uso de un mecanismo automatizado se optimizaría en el consumo de silicona RTV durante la actividad de recubrimiento de equipos de alta tensión?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
6. ¿Considera que el equipo para recubrir con silicona RTV necesariamente requiere de más de un aspersor para realizar la actividad de una manera más rápida?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
7. ¿Considera que el diseño mecánico a implantar para la actividad de recubrir con silicona RTV los aisladores de alta tensión debe ser desmontable?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.

8. ¿Considera que se puede reducir el tiempo muerto, como armado de andamios, disposición de escaleras o abastecimiento de pintura mediante el uso de un mecanismo automatizado?

- Totalmente en desacuerdo.
- En desacuerdo.
- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
- De acuerdo.
- Totalmente de acuerdo.

9. ¿Considera ideal que el mecanismo tenga un peso entre 50kg y 100 kg, siendo que la actividad podría estar a cargo de tres personas?

- Totalmente en desacuerdo.
- En desacuerdo.
- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
- De acuerdo.
- Totalmente de acuerdo.

Instrumento de Evaluación N° 1

## UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA, ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

### Técnica de recolección de datos : Encuesta

Dirigida a colaboradores del área de mantenimiento de REP SA.

La siguiente encuesta tiene como objetivo recolectar datos importantes para la presente investigación "Diseño de un mecanismo automatizado para optimizar costos y tiempos en la aplicación de silicona RTV en aisladores de la subestación Chiclayo". Las preguntas están orientadas a conocer la expectativa de las personas respecto a la variable de investigación propuesta "**Diseño de un mecanismo automatizado**" por lo que se le solicita tenga a bien responder al siguiente cuestionario con la mayor honestidad y claridad posible.



*Alex Huamán*

## CUESTIONARIO

1. ¿Considera útil la necesidad de automatizar el proceso de recubrimiento con silicona RTV sobre los equipos de alta tensión?
    - Totalmente en desacuerdo.
    - En desacuerdo.
    - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
    - De acuerdo.
    - Totalmente de acuerdo.
  
  2. ¿Considera que la automatización del proceso reduciría el tiempo de la actividad de recubrir con silicona RTV los equipos de alta tensión?
    - Totalmente en desacuerdo.
    - En desacuerdo.
    - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
    - De acuerdo.
    - Totalmente de acuerdo.
  
  3. ¿Considera que la automatización del proceso reduciría el costo de la actividad de recubrir con silicona RTV los equipos de alta tensión?
    - Totalmente en desacuerdo.
    - En desacuerdo.
    - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
    - De acuerdo.
    - Totalmente de acuerdo.
  
  4. ¿Considera que los métodos de aplicación del recubrimiento RTV (Goma silicona) en la actualidad son eficientes?
    - Totalmente en desacuerdo.
    - En desacuerdo.
-

- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
5. ¿Considera que mediante el uso de un mecanismo automatizado se optimizaría en el consumo de silicona RTV durante la actividad de recubrimiento de equipos de alta tensión?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
6. ¿Considera que el equipo para recubrir con silicona RTV necesariamente requiere de más de un aspersor para realizar la actividad de una manera más rápida?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
7. ¿Considera que el diseño mecánico a implantar para la actividad de recubrir con silicona RTV los aisladores de alta tensión debe ser desmontable?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.

8. ¿Considera que se puede reducir el tiempo muerto, como armado de andamios, disposición de escaleras o abastecimiento de pintura mediante el uso de un mecanismo automatizado?

- Totalmente en desacuerdo.
- En desacuerdo.
- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
- De acuerdo.
- Totalmente de acuerdo.

9. ¿Considera ideal que el mecanismo tenga un peso entre 50kg y 100 kg, siendo que la actividad podría estar a cargo de tres personas?

- Totalmente en desacuerdo.
- En desacuerdo.
- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
- De acuerdo.
- Totalmente de acuerdo.

Instrumento de Evaluación N° 1

## UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA, ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

### Técnica de recolección de datos : Encuesta

Dirigida a colaboradores del área de mantenimiento de REP SA.

La siguiente encuesta tiene como objetivo recolectar datos importantes para la presente investigación "Diseño de un mecanismo automatizado para optimizar costos y tiempos en la aplicación de silicona RTV en aisladores de la subestación Chiclayo". Las preguntas están orientadas a conocer la expectativa de las personas respecto a la variable de investigación propuesta "**Diseño de un mecanismo automatizado**" por lo que se le solicita tenga a bien responder al siguiente cuestionario con la mayor honestidad y claridad posible.



*Christian Chunga*

## CUESTIONARIO

1. ¿Considera útil la necesidad de automatizar el proceso de recubrimiento con silicona RTV sobre los equipos de alta tensión?
    - Totalmente en desacuerdo.
    - En desacuerdo.
    - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
    - De acuerdo.
    - Totalmente de acuerdo.
  
  2. ¿Considera que la automatización del proceso reduciría el tiempo de la actividad de recubrir con silicona RTV los equipos de alta tensión?
    - Totalmente en desacuerdo.
    - En desacuerdo.
    - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
    - De acuerdo.
    - Totalmente de acuerdo.
  
  3. ¿Considera que la automatización del proceso reduciría el costo de la actividad de recubrir con silicona RTV los equipos de alta tensión?
    - Totalmente en desacuerdo.
    - En desacuerdo.
    - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
    - De acuerdo.
    - Totalmente de acuerdo.
  
  4. ¿Considera que los métodos de aplicación del recubrimiento RTV (Goma silicona) en la actualidad son eficientes?
    - Totalmente en desacuerdo.
    - En desacuerdo.
-



- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
5. ¿Considera que mediante el uso de un mecanismo automatizado se optimizaría en el consumo de silicona RTV durante la actividad de recubrimiento de equipos de alta tensión?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
6. ¿Considera que el equipo para recubrir con silicona RTV necesariamente requiere de más de un aspersor para realizar la actividad de una manera más rápida?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
7. ¿Considera que el diseño mecánico a implantar para la actividad de recubrir con silicona RTV los aisladores de alta tensión debe ser desmontable?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
-

8. ¿Considera que se puede reducir el tiempo muerto, como armado de andamios, disposición de escaleras o abastecimiento de pintura mediante el uso de un mecanismo automatizado?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
9. ¿Considera ideal que el mecanismo tenga un peso entre 50kg y 100 kg, siendo que la actividad podría estar a cargo de tres personas?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.

Instrumento de Evaluación N° 1

## UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA, ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

### Técnica de recolección de datos : Encuesta

Dirigida a colaboradores del área de mantenimiento de REP SA.

La siguiente encuesta tiene como objetivo recolectar datos importantes para la presente investigación "Diseño de un mecanismo automatizado para optimizar costos y tiempos en la aplicación de silicona RTV en aisladores de la subestación Chiclayo". Las preguntas están orientadas a conocer la expectativa de las personas respecto a la variable de investigación propuesta "**Diseño de un mecanismo automatizado**" por lo que se le solicita tenga a bien responder al siguiente cuestionario con la mayor honestidad y claridad posible.



*Cesar Carmona*

## CUESTIONARIO

1. ¿Considera útil la necesidad de automatizar el proceso de recubrimiento con silicona RTV sobre los equipos de alta tensión?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
  
2. ¿Considera que la automatización del proceso reduciría el tiempo de la actividad de recubrir con silicona RTV los equipos de alta tensión?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
  
3. ¿Considera que la automatización del proceso reduciría el costo de la actividad de recubrir con silicona RTV los equipos de alta tensión?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
  
4. ¿Considera que los métodos de aplicación del recubrimiento RTV (Goma silicona) en la actualidad son eficientes?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.

- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
- De acuerdo.
- Totalmente de acuerdo.
5. ¿Considera que mediante el uso de un mecanismo automatizado se optimizaría en el consumo de silicona RTV durante la actividad de recubrimiento de equipos de alta tensión?
- Totalmente en desacuerdo.
- En desacuerdo.
- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
- De acuerdo.
- Totalmente de acuerdo.
6. ¿Considera que el equipo para recubrir con silicona RTV necesariamente requiere de más de un aspersor para realizar la actividad de una manera más rápida?
- Totalmente en desacuerdo.
- En desacuerdo.
- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
- De acuerdo.
- Totalmente de acuerdo.
7. ¿Considera que el diseño mecánico a implantar para la actividad de recubrir con silicona RTV los aisladores de alta tensión debe ser desmontable?
- Totalmente en desacuerdo.
- En desacuerdo.
- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
- De acuerdo.
- Totalmente de acuerdo.

8. ¿Considera que se puede reducir el tiempo muerto, como armado de andamios, disposición de escaleras o abastecimiento de pintura mediante el uso de un mecanismo automatizado?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
9. ¿Considera ideal que el mecanismo tenga un peso entre 50kg y 100 kg, siendo que la actividad podría estar a cargo de tres personas?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.

Instrumento de Evaluación N° 1

## UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA, ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

### Técnica de recolección de datos : Encuesta

Dirigida a colaboradores del área de mantenimiento de REP SA.

La siguiente encuesta tiene como objetivo recolectar datos importantes para la presente investigación “Diseño de un mecanismo automatizado para optimizar costos y tiempos en la aplicación de silicona RTV en aisladores de la subestación Chiclayo”. Las preguntas están orientadas a conocer la expectativa de las personas respecto a la variable de investigación propuesta “**Diseño de un mecanismo automatizado**” por lo que se le solicita tenga a bien responder al siguiente cuestionario con la mayor honestidad y claridad posible.



*Elton Alvares*

## CUESTIONARIO

1. ¿Considera útil la necesidad de automatizar el proceso de recubrimiento con silicona RTV sobre los equipos de alta tensión?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
  
2. ¿Considera que la automatización del proceso reduciría el tiempo de la actividad de recubrir con silicona RTV los equipos de alta tensión?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
  
3. ¿Considera que la automatización del proceso reduciría el costo de la actividad de recubrir con silicona RTV los equipos de alta tensión?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
  
4. ¿Considera que los métodos de aplicación del recubrimiento RTV (Goma silicona) en la actualidad son eficientes?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.



- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
5. ¿Considera que mediante el uso de un mecanismo automatizado se optimizaría en el consumo de silicona RTV durante la actividad de recubrimiento de equipos de alta tensión?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
6. ¿Considera que el equipo para recubrir con silicona RTV necesariamente requiere de más de un aspersor para realizar la actividad de una manera más rápida?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
7. ¿Considera que el diseño mecánico a implantar para la actividad de recubrir con silicona RTV los aisladores de alta tensión debe ser desmontable?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.

8. ¿Considera que se puede reducir el tiempo muerto, como armado de andamios, disposición de escaleras o abastecimiento de pintura mediante el uso de un mecanismo automatizado?

- Totalmente en desacuerdo.
- En desacuerdo.
- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
- De acuerdo.
- Totalmente de acuerdo.

9. ¿Considera ideal que el mecanismo tenga un peso entre 50kg y 100 kg, siendo que la actividad podría estar a cargo de tres personas?

- Totalmente en desacuerdo.
- En desacuerdo.
- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
- De acuerdo.
- Totalmente de acuerdo.

Instrumento de Evaluación N° 1

## UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA, ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

### Técnica de recolección de datos : Encuesta

Dirigida a colaboradores del área de mantenimiento de REP SA.

La siguiente encuesta tiene como objetivo recolectar datos importantes para la presente investigación "Diseño de un mecanismo automatizado para optimizar costos y tiempos en la aplicación de silicona RTV en aisladores de la subestación Chiclayo". Las preguntas están orientadas a conocer la expectativa de las personas respecto a la variable de investigación propuesta "**Diseño de un mecanismo automatizado**" por lo que se le solicita tenga a bien responder al siguiente cuestionario con la mayor honestidad y claridad posible.



*Juan Perez*

## CUESTIONARIO

1. ¿Considera útil la necesidad de automatizar el proceso de recubrimiento con silicona RTV sobre los equipos de alta tensión?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
  
2. ¿Considera que la automatización del proceso reduciría el tiempo de la actividad de recubrir con silicona RTV los equipos de alta tensión?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
  
3. ¿Considera que la automatización del proceso reduciría el costo de la actividad de recubrir con silicona RTV los equipos de alta tensión?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
  
4. ¿Considera que los métodos de aplicación del recubrimiento RTV (Goma silicona) en la actualidad son eficientes?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.

- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
- De acuerdo.
- Totalmente de acuerdo.

5. ¿Considera que mediante el uso de un mecanismo automatizado se optimizaría en el consumo de silicona RTV durante la actividad de recubrimiento de equipos de alta tensión?

- Totalmente en desacuerdo.
- En desacuerdo.
- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
- De acuerdo.
- Totalmente de acuerdo.

6. ¿Considera que el equipo para recubrir con silicona RTV necesariamente requiere de más de un aspersor para realizar la actividad de una manera más rápida?

- Totalmente en desacuerdo.
- En desacuerdo.
- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
- De acuerdo.
- Totalmente de acuerdo.

7. ¿Considera que el diseño mecánico a implantar para la actividad de recubrir con silicona RTV los aisladores de alta tensión debe ser desmontable?

- Totalmente en desacuerdo.
- En desacuerdo.
- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
- De acuerdo.
- Totalmente de acuerdo.

8. ¿Considera que se puede reducir el tiempo muerto, como armado de andamios, disposición de escaleras o abastecimiento de pintura mediante el uso de un mecanismo automatizado?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
9. ¿Considera ideal que el mecanismo tenga un peso entre 50kg y 100 kg, siendo que la actividad podría estar a cargo de tres personas?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.

Instrumento de Evaluación N° 1

## UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA, ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

### Técnica de recolección de datos : Encuesta

Dirigida a colaboradores del área de mantenimiento de REP SA.

La siguiente encuesta tiene como objetivo recolectar datos importantes para la presente investigación "Diseño de un mecanismo automatizado para optimizar costos y tiempos en la aplicación de silicona RTV en aisladores de la subestación Chiclayo". Las preguntas están orientadas a conocer la expectativa de las personas respecto a la variable de investigación propuesta "**Diseño de un mecanismo automatizado**" por lo que se le solicita tenga a bien responder al siguiente cuestionario con la mayor honestidad y claridad posible.



*Luis Cabanillas*

## CUESTIONARIO

1. ¿Considera útil la necesidad de automatizar el proceso de recubrimiento con silicona RTV sobre los equipos de alta tensión?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
  
2. ¿Considera que la automatización del proceso reduciría el tiempo de la actividad de recubrir con silicona RTV los equipos de alta tensión?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
  
3. ¿Considera que la automatización del proceso reduciría el costo de la actividad de recubrir con silicona RTV los equipos de alta tensión?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
  
4. ¿Considera que los métodos de aplicación del recubrimiento RTV (Goma silicona) en la actualidad son eficientes?
  - Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.



- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
5. ¿Considera que mediante el uso de un mecanismo automatizado se optimizaría en el consumo de silicona RTV durante la actividad de recubrimiento de equipos de alta tensión?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
6. ¿Considera que el equipo para recubrir con silicona RTV necesariamente requiere de más de un aspersor para realizar la actividad de una manera más rápida?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
7. ¿Considera que el diseño mecánico a implantar para la actividad de recubrir con silicona RTV los aisladores de alta tensión debe ser desmontable?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
-

8. ¿Considera que se puede reducir el tiempo muerto, como armado de andamios, disposición de escaleras o abastecimiento de pintura mediante el uso de un mecanismo automatizado?

- Totalmente en desacuerdo.
- En desacuerdo.
- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
- De acuerdo.
- Totalmente de acuerdo.

9. ¿Considera ideal que el mecanismo tenga un peso entre 50kg y 100 kg, siendo que la actividad podría estar a cargo de tres personas?

- Totalmente en desacuerdo.
- En desacuerdo.
- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
- De acuerdo.
- Totalmente de acuerdo.

Instrumento de Evaluación N° 1

## UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA, ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

### Técnica de recolección de datos : Encuesta

Dirigida a colaboradores del área de mantenimiento de REP SA.

La siguiente encuesta tiene como objetivo recolectar datos importantes para la presente investigación "Diseño de un mecanismo automatizado para optimizar costos y tiempos en la aplicación de silicona RTV en aisladores de la subestación Chiclayo". Las preguntas están orientadas a conocer la expectativa de las personas respecto a la variable de investigación propuesta "**Diseño de un mecanismo automatizado**" por lo que se le solicita tenga a bien responder al siguiente cuestionario con la mayor honestidad y claridad posible.



*Luis Loyola*

## CUESTIONARIO

1. ¿Considera útil la necesidad de automatizar el proceso de recubrimiento con silicona RTV sobre los equipos de alta tensión?
    - Totalmente en desacuerdo.
    - En desacuerdo.
    - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
    - De acuerdo.
    - Totalmente de acuerdo.
  
  2. ¿Considera que la automatización del proceso reduciría el tiempo de la actividad de recubrir con silicona RTV los equipos de alta tensión?
    - Totalmente en desacuerdo.
    - En desacuerdo.
    - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
    - De acuerdo.
    - Totalmente de acuerdo.
  
  3. ¿Considera que la automatización del proceso reduciría el costo de la actividad de recubrir con silicona RTV los equipos de alta tensión?
    - Totalmente en desacuerdo.
    - En desacuerdo.
    - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
    - De acuerdo.
    - Totalmente de acuerdo.
  
  4. ¿Considera que los métodos de aplicación del recubrimiento RTV (Goma silicona) en la actualidad son eficientes?
    - Totalmente en desacuerdo.
    - En desacuerdo.
-

- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
5. ¿Considera que mediante el uso de un mecanismo automatizado se optimizaría en el consumo de silicona RTV durante la actividad de recubrimiento de equipos de alta tensión?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
6. ¿Considera que el equipo para recubrir con silicona RTV necesariamente requiere de más de un aspersor para realizar la actividad de una manera más rápida?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.
7. ¿Considera que el diseño mecánico a implantar para la actividad de recubrir con silicona RTV los aisladores de alta tensión debe ser desmontable?
- Totalmente en desacuerdo.
  - En desacuerdo.
  - Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
  - De acuerdo.
  - Totalmente de acuerdo.

8. ¿Considera que se puede reducir el tiempo muerto, como armado de andamios, disposición de escaleras o abastecimiento de pintura mediante el uso de un mecanismo automatizado?

- Totalmente en desacuerdo.
- En desacuerdo.
- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
- De acuerdo.
- Totalmente de acuerdo.

9. ¿Considera ideal que el mecanismo tenga un peso entre 50kg y 100 kg, siendo que la actividad podría estar a cargo de tres personas?

- Totalmente en desacuerdo.
- En desacuerdo.
- Ni en desacuerdo ni de acuerdo.
- De acuerdo.
- Totalmente de acuerdo.

## Resultados de la encuesta

Pregunta	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni de acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Pregunta 1				2	7
Pregunta 2				4	5
Pregunta 3			3	4	2
Pregunta 4	1	7	1		
Pregunta 5			3	5	1
Pregunta 6					9
Pregunta 7	1	8			
Pregunta 8				7	2
Pregunta 9		3	4	2	

Tabla 41 Resultados de encuesta

Fuente: Elaboración propia.

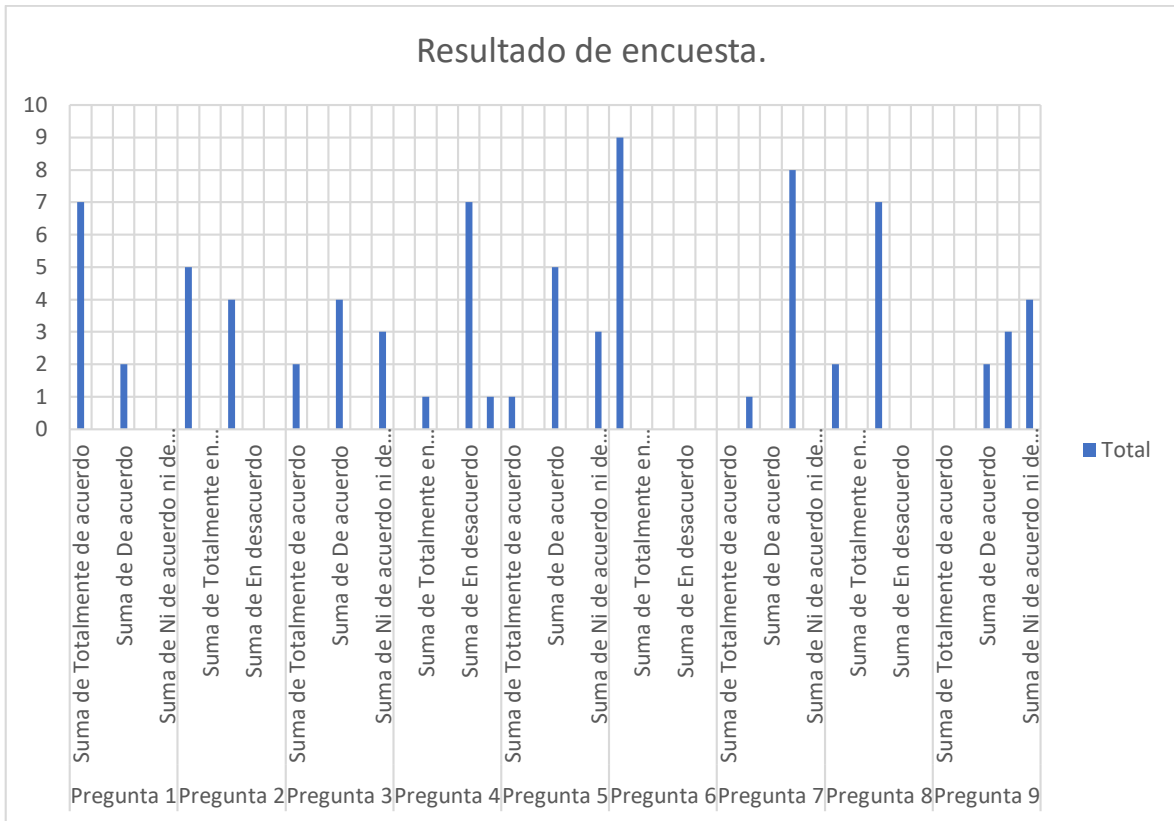


Figura 51 Resultado de la encuesta propuesta al área de mantenimiento  
Elaboración propia.

Los resultados de la encuesta muestran que los participantes respondieron en 6 de las 9 preguntas propuestas que están de acuerdo en la automatización del proceso de engomado de los equipos de alta tensión.



## Anexo 11: Instrumento de recolección de datos “Entrevista”



Instrumento de Evaluación N° 3

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Técnica de recolección de datos: Entrevista**

Dirigida a colaboradores del área de mantenimiento de REP SA.

La siguiente entrevista tiene como objetivo recolectar datos importantes para la presente investigación “Diseño de un mecanismo automatizado para optimizar costos y tiempos en la aplicación de silicona RTV en aisladores de la subestación Chiclayo”. Las preguntas están orientadas a conocer los tiempos estimados de duración de la actividad de aplicación del recubrimiento RTV sobre los aisladores de los equipos de alta tensión, esto con el objetivo de poder evaluar la variable de estudio “**Tiempo de duración de la actividad**” por lo que se le solicita tenga a bien responder al siguiente guía de entrevista con la mayor honestidad y claridad posible.



17987778

*Arcadio Culquichicón*

## GUÍA DE ENTREVISTA

**Apellidos y nombre:**

**Fecha:**

1. ¿Participó en alguna actividad de recubrimiento RTV (Goma silicona) sobre los aisladores de los equipos de patio de llaves? ¿En qué celda o línea de transmisión?

*Sí, en la aplicación de prueba de goma silicona en la línea 2248 – Subestación Pariñas.*

2. ¿Sobre qué equipos y de qué nivel de tensión se aplicó el recubrimiento RTV (Goma silicona)?

*En la celda de 220 kV de la L2248 se siliconó los pararrayos, y los transformadores de tensión.*

3. ¿Cuánto tiempo estaba programada la actividad y cuánto tiempo total les tomó hasta la cancelación del permiso de trabajo (Declara disponible para energizar)?

*La actividad estaba programada para estar fuera de servicio desde las 8 am. hasta las 16:00 hrs., la actividad se culminó a las 16:30 y se puso en servicio a las 17:00 hrs.*

4. Terminaron de recubrir los equipos programados

*Se planificó recubrir los pararrayos, los transformadores de tensión y los transformadores de corriente, pero la actividad tomó más tiempo finalmente no se recubrió el transformador de corriente.*

5. ¿Qué método de ascenso se utilizó para estar al nivel y aplicar la pintura?

*Se usaron andamios, no aislados.*

6. ¿Qué considera que en la actualidad se debería mejorar en el método de recubrimiento tradicional para reducir los tiempos en su aplicación?

- *El ascenso para el pintado de los equipos.*
- *La pistola de pintar no realiza una buena pulverización.*
- *Mas cantidad de pintores.*
- *La técnica de pintado debe mejorar para tener un resultado homogéneo.*

7. ¿Qué cambiaría en el método tradicional para reducir el tiempo de aplicación del recubrimiento RTV (Goma silicona)?

- *La pistola de pintar, mucho se obstruye y hay que descender para llenar de pintura el depósito.*
- *El uso de andamios requiere de mucho tiempo para armar y desarmar.*

8. ¿Consideraría factible la construcción de un mecanismo que permita realizar la aplicación del recubrimiento RTV (Goma silicona)?

*Sí, sería ideal para tener un resultado homogéneo en la aplicación de silicona, mucho mejor aun si se aplica en servicio.*

9. A continuación, se le pide completar el cuadro con duración en minutos de manera referencial respecto a la actividad de recubrimiento en la que participó.

Item	Actividad	Tiempo (min)
01	Maniobras de des energización	15
02	Aplicación de las 5 reglas de oro	20
03	Cubrir la zona de trabajo (Graba y estructura)	30
04	Retiro de la grasa silicona	120
05	Armado del método de ascenso.	30
06	Aplicación de la goma silicona	240
07	Traslado y preparación hasta el siguiente equipo a pintar.	40
08	Liberación de la celda y preparación para la energización	20

10. A continuación, se le pide completar el cuadro con la cantidad de personal que participó en la actividad.

Item	Actividad	Tiempo
01	Ayudantes	4
02	Pintores	2
03	Limpiadores de grasa silicona	8

## Anexo 12: Ficha técnica de motor a utilizar para el reductor de velocidad.



有刷直流涡轮蜗杆减速电机

### NMRV30.80ZYT-R 可更换碳刷80系列涡轮蜗杆减速电机 NMRV30.80ZYT-R SERIES PM DC WORM GEAR MOTOR (Replaceable, Big Brushes)



#### 电机主要规格参数 Motor Specifications:

轴承: 高质量滚珠轴承 Bearing: High Quality Ball Bearing  
磁钢: 高性能铁氧体磁钢 2-极 Magnet: Hard Ferrite Magnet, 2- Poles  
保护等级: IP50( 可选IP54) Protection Class: IP50 ( Option for IP54 )  
绝缘等级: F级 / 工作温度: -40℃~+140℃  
Insulation Class: Class F / Working Temperature: -40℃~+140℃

#### 电机主要性能参数 Motor Main Characteristics:

型号 Model	单位 Unit	80ZYT-R01	80ZYT-R02	80ZYT-R03
额定电压 Rated Voltage	VDC	24v (可定制直流12v到120v) ; 24v (option for 12v up to 120vdc)		
额定转速 Rated Speed	Rpm	2600	2600	2600
额定力矩 Rated Torque	N.m	0.45	0.65	0.85
空载转速 No Load Speed	Rpm	2900	2900	2900
重量 Weight	Kg	3.0	3.2	3.4
机身长度 Motor Length	Mm	140	160	180
额定输出功率 Output Power	W	122	177	231

#### NMRV30.80ZYT-R01 涡轮蜗杆减速电机参数 NMRV30.80ZYT-R01 Worm Gear Motor Specification:

减速比 Reduction ratio		5	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60	80
效率 Transmission Efficiency		90%	85%	85%	80%	75%	75%	70%	65%	60%	55%	50%
空载转速 No Load Speed	Rpm	580	387	290	193	145	116	97	73	58	48	36
额定转速 Rated Speed	Rpm	520	347	260	173	130	104	87	65	52	43	33
额定力矩 Rated Torque	N.m	2.0	2.9	3.8	5.4	6.8	8.4	9.5	11.7	13.5	14.9	18.0

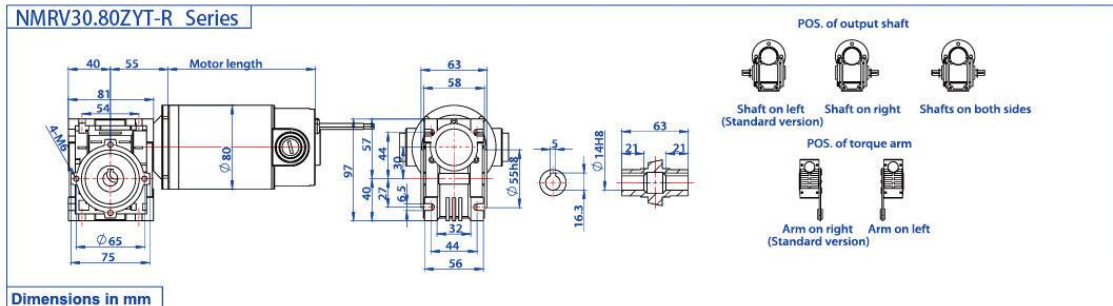
#### NMRV30.80ZYT-R02 涡轮蜗杆减速电机参数 NMRV30.80ZYT-R02 Worm Gear Motor Specification:

减速比 Reduction ratio		5	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60	80
效率 Transmission Efficiency		90%	85%	85%	80%	75%	75%	70%	65%	60%	55%	50%
空载转速 No Load Speed	Rpm	580	387	290	193	145	116	97	73	58	48	36
额定转速 Rated Speed	Rpm	520	347	260	173	130	104	87	65	52	43	33
额定力矩 Rated Torque	N.m	2.9	4.1	5.5	7.8	9.8	12.2	13.7	16.9	19.5	21.5	26.0

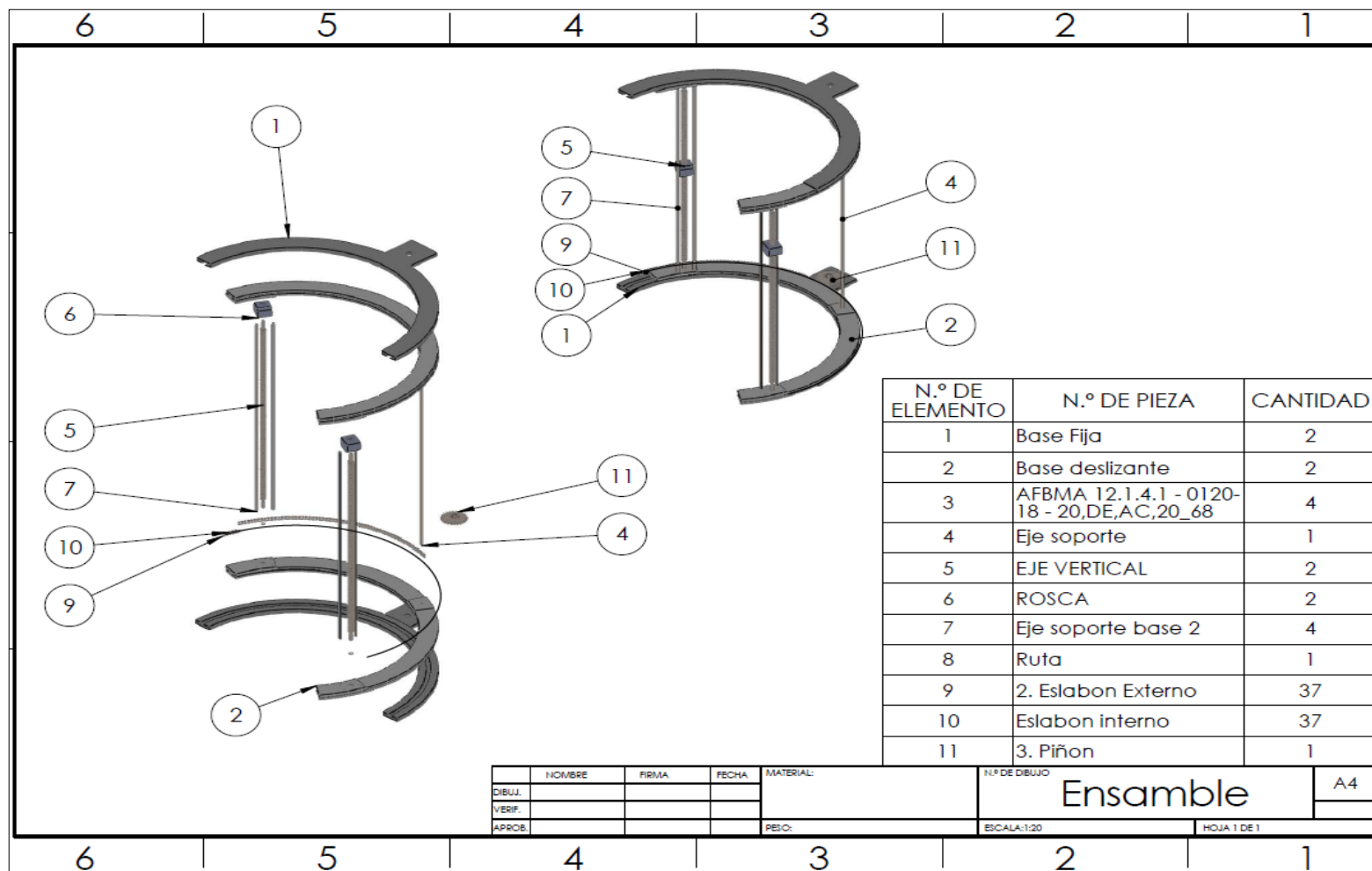
#### NMRV30.80ZYT-R03 涡轮蜗杆减速电机参数 NMRV30.80ZYT-R03 Worm Gear Motor Specification:

减速比 Reduction ratio		5	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60	80
效率 Transmission Efficiency		90%	85%	85%	80%	75%	75%	70%	65%	60%	55%	50%
空载转速 No Load Speed	Rpm	580	387	290	193	145	116	97	73	58	48	36
额定转速 Rated Speed	Rpm	520	347	260	173	130	104	87	65	52	43	33
额定力矩 Rated Torque	N.m	3.8	5.4	7.2	10.2	12.8	15.9	17.9	22.1	25.5	28.1	34.0

#### 图纸 Drawing

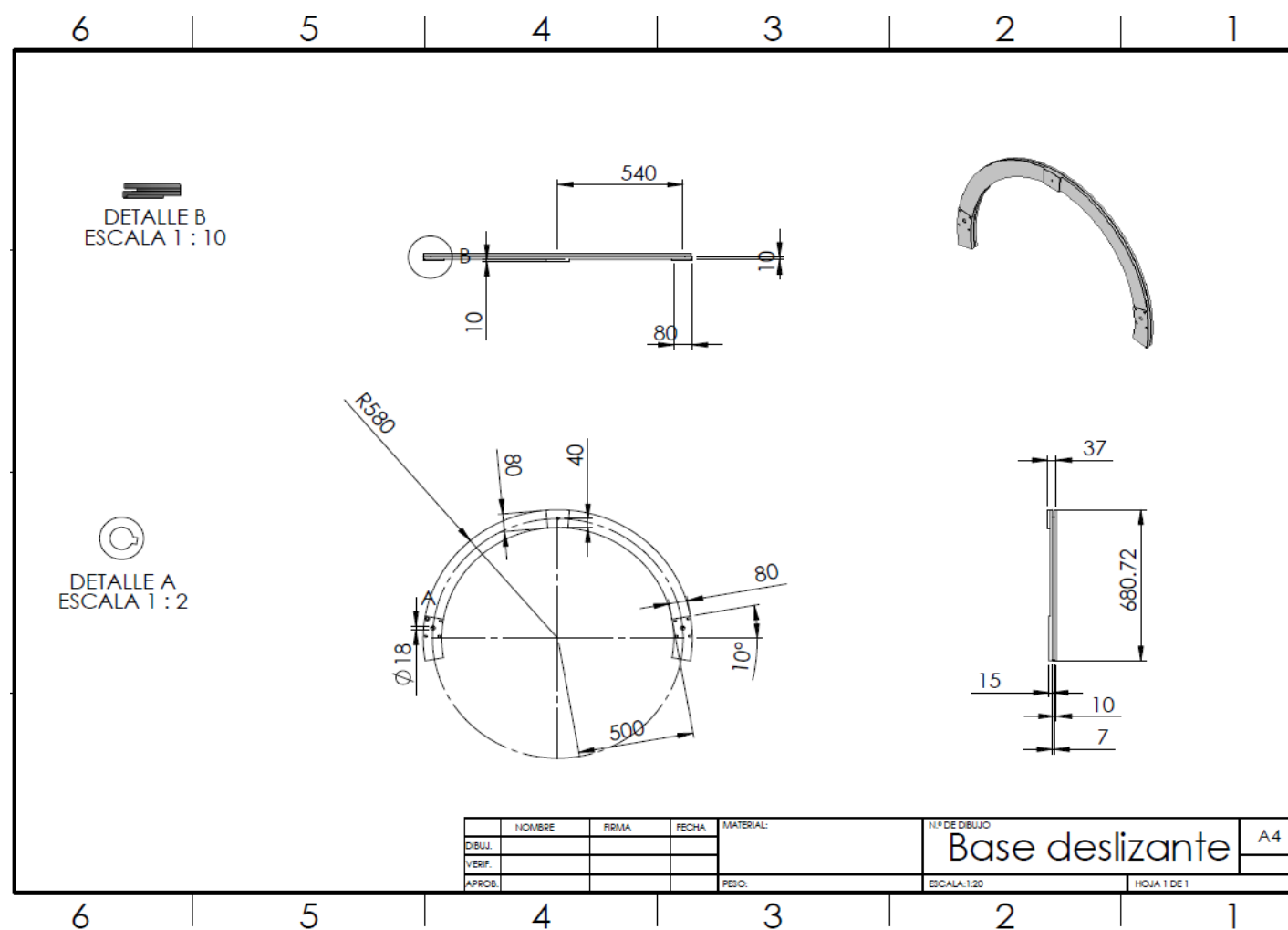


### Anexo 13: Plano de ensamblaje



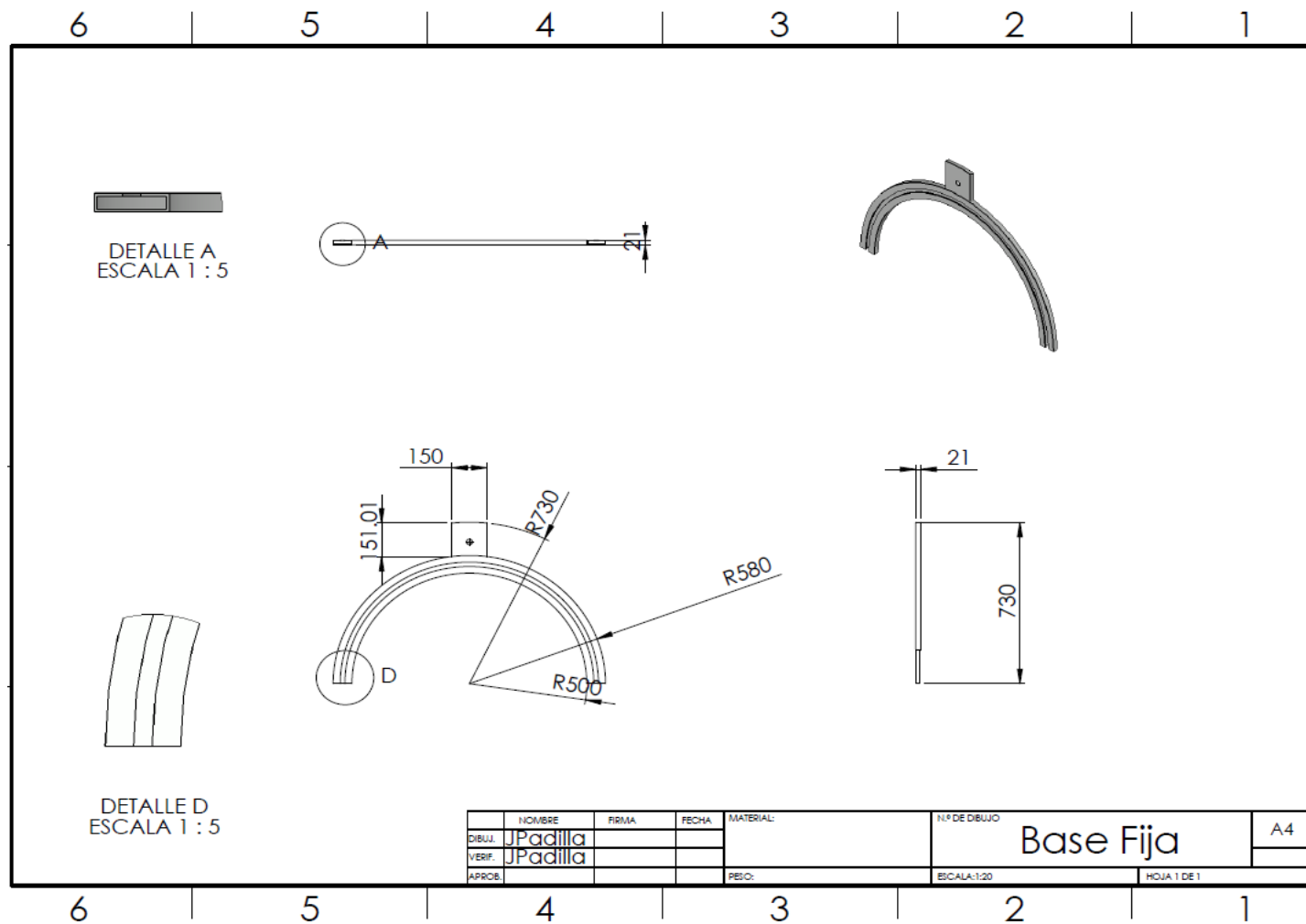
Fuente: Elaboración propia

**Anexo 14:** Pieza de base deslizante.



Fuente: Elaboración propia

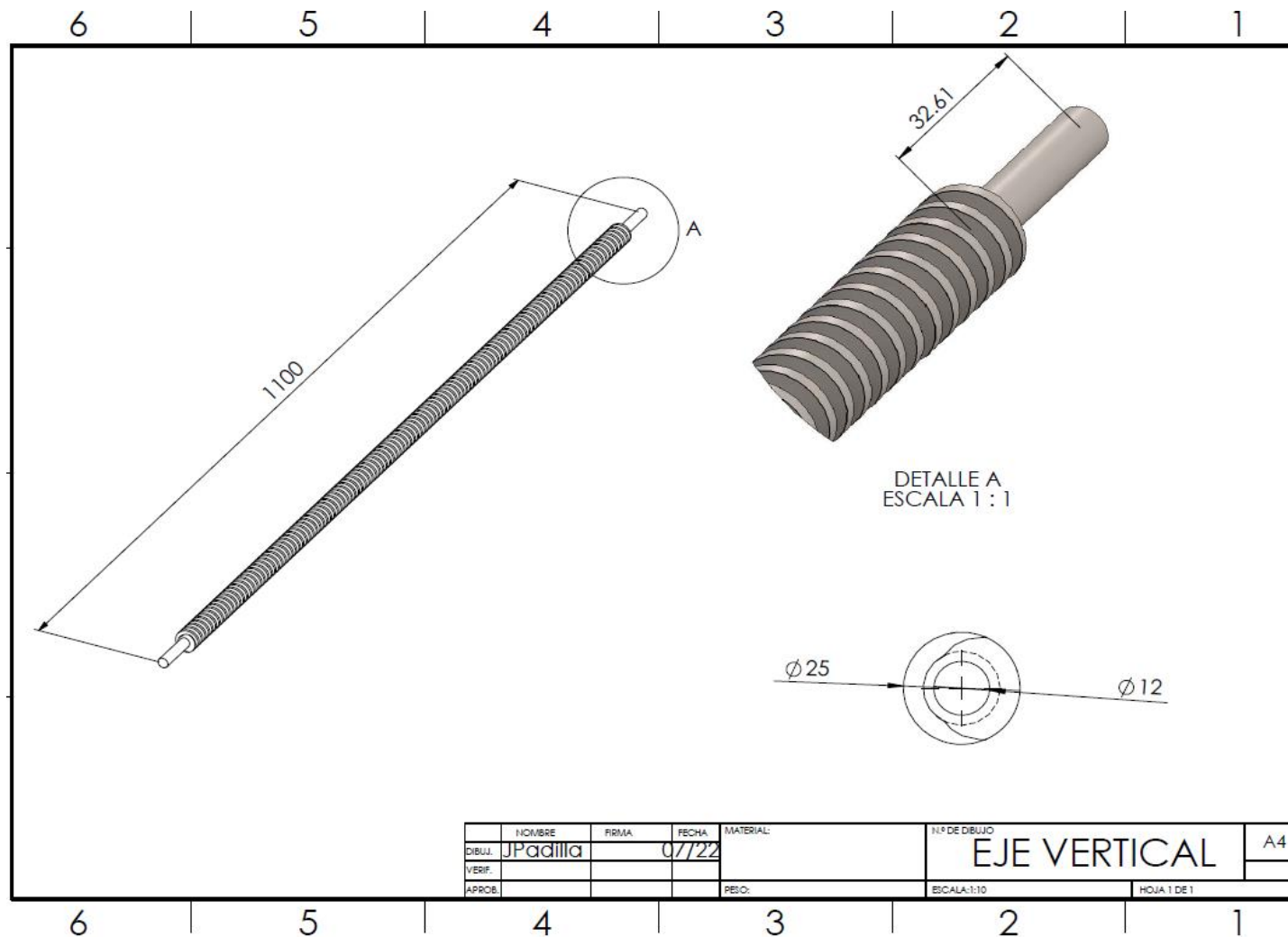
**Anexo 15: Pieza de base Fija**



Fuente: Elaboración propia

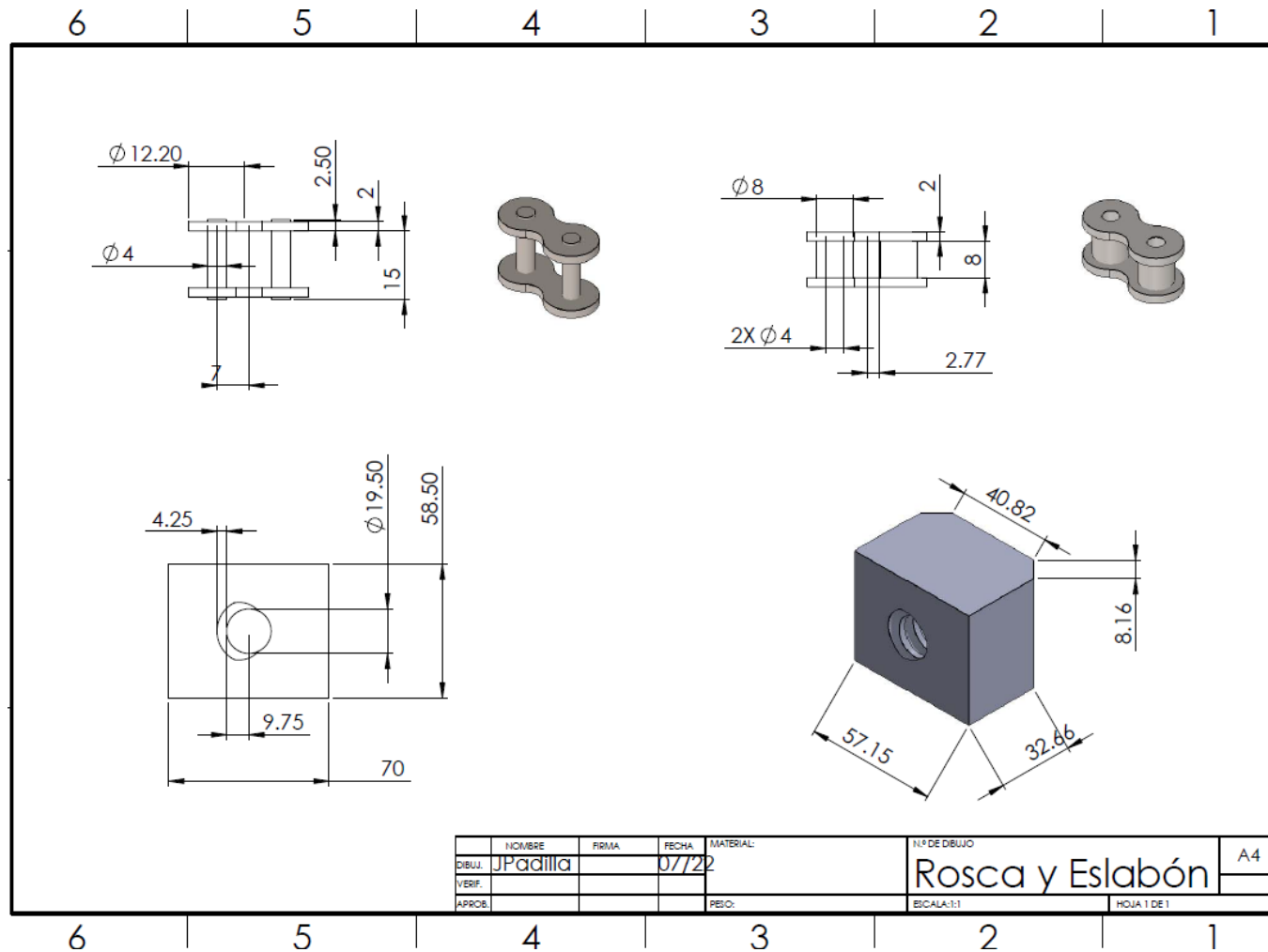


**Anexo 16:** Pieza de eje roscado vertical



Fuente: Elaboración propia

**Anexo 17: Pieza de rosca soporte y cadena**



Fuente: Elaboración propia



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis Completa titulada: "Diseño de un mecanismo automatizado para optimizar costo y tiempo en la aplicación de silicona RTV en aisladores de subestaciones de alta tensión.", cuyo autor es PADILLA SAMAME JHORLIN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 11.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 22 de Julio del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS <b>DNI:</b> 16720249 <b>ORCID:</b> 0000-0003-4412-8789	Firmado electrónicamente por: AJSALAZARM el 22- 07-2022 20:19:35

Código documento Trilce: TRI - 0361918