



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MONITOREO
PARA LAS VIBRACIONES PRODUCIDAS
POR LAS MÁQUINAS ROTATIVAS
DE LOS EDIFICIOS DE PROCESO U1 y U2,
UBICADOS EN LA EMPRESA NEGROVEN, S.A.**

Autor:

Robert Alfonso Ojeda Sumoza

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA LAS VIBRACIONES
PRODUCIDAS POR LAS MÁQUINAS ROTATIVAS DE LOS EDIFICIOS DE
PROCESO U1 y U2, UBICADOS EN LA EMPRESA NEGROVEN, S.A.**

Proyecto del Informe de Pasantías para optar al título de
INGENIERO ELECTRÓNICO

Autor:

Robert Alfonso Ojeda Sumoza

Tutor:

Ing. Gerson Sánchez

San Diego, Enero de 2023



ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado: Propuesta de un sistema de monitoreo para las vibraciones producidas por las máquinas rotativas de las edificaciones de proceso U1 U2 ubicadas en la empresa Magnolon, S.A

Realizado por el (la) Br. Robert Ayala

C.I. N° 27 488 46 cursante de la carrera de Ingeniería Electromecánica

hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO

NO APROBADO

El Jurado

González
Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Gerson Sandoz
C.I.: 7143 386

Cardozo
Jurado
Nombre: Wilfredo M. Cardozo
C.I.: 22.744.491

Wilmot Sarr
Jurado
Nombre: Wilmot Sarr
C.I.: 7152496

Fecha: 04 107 12023





REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN
PÚBLICA DEL TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, Ing. Gerson Sánchez, portador de la cédula de identidad N° 7.143.386, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Robert Alfonso Ojeda Sumoza, portador de la cédula de identidad N° 27.188.146, titulado **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA LAS VIBRACIONES PRODUCIDAS POR LAS MÁQUINAS ROTATIVAS DE LOS EDIFICIOS DE PROCESO U1 y U2, UBICADOS EN LA EMPRESA NEGROVEN, S.A.**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 15 días del mes de Junio del año dos mil veintitrés.

Ing. Gerson Sánchez

C.I: 7.143.386



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA

FI E 003 2022-3CR IP

Valencia, 14 de abril de 2023

Ciudadano:
OJEDA SUMOZA, ROBERT ALFONSO
27.188.146
Presente -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 05-2023 de fecha 10/02/2023 aprobó el proyecto de grado tipo Informe de Pasantía titulado:

Propuesta de un sistema de monitoreo para las vibraciones producidas por las máquinas rotativas de los edificios de proceso U1 y U2, ubicados en la empresa NEGROVEN, S.A.

Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero en Electrónica.

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:
Ing. Gerson Jair Sánchez Ayala, titular de la cédula de identidad V- 7.143.386

Atentamente


Dra. Laura Aurora Sáenz Palencia
Decana de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería

AGRADECIMIENTOS

Me dirijo a ustedes con profundo agradecimiento y gratitud por el apoyo y el aliento que me han brindado a lo largo de mi camino académico. Me complace expresar mi reconocimiento sincero a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la realización de este trabajo.

En primer lugar quiero agradecer a mis padres, Raiza Sumoza y Robert Ojeda por su amor, su constante apoyo y su fe en mí. Sus sacrificios y su aliento han sido fundamentales para que pudiera llegar hasta este momento tan significativo en mi vida. También quiero agradecer a María Alejandra Ojeda ya que sin su confianza y sacrificio no hubiese podido lograr esta meta académica.

También quiero expresar mi gratitud a Lisa Mendoza por ser mi compañera de estudio incondicional a lo largo de mi carrera. A María Elena Salina por sus palabras de aliento, su apoyo emocional y su comprensión, que me han dado fuerzas para superar los desafíos y perseverar en la consecución de mis metas.

Quiero agradecer a todo el equipo de Negroven en especial a Gerardo Molina, Alberto Cuevas, Orlando Martínez, Orangel Medina, Renny Vaca y Oscar Febres, por ser pilares de mi aprendizaje en las pasantías y un gran apoyo para la elaboración de este proyecto.

Adicionalmente quiero agradecer a Iván Rodríguez y Miguel Tovar, personas que conocí en la elaboración de este proyecto y como futuros colegas nunca dudaron en brindar una ayuda para hacerlo realidad.

Por ultimo quiero agradecer a la Universidad José Antonio Páez por ser la casa de estudio que me abrió el camino para esta meta académica. Al profesor Wilmer Sanz por escucharme y apoyarme en toda mi carrera y al profesor Gerson Sánchez por ser el tutor del presente trabajo.

Para todas las personas mencionadas, gracias.

Robert A. Ojeda S.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
LISTA DE CUADROS.....	x
LISTA DE GRÁFICOS.....	x
LISTA DE TABLAS.....	x
LISTA DE FIGURAS	Xi
RESUMEN INFORMATIVO.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	
I LA EMPRESA	
1.1 Descripción de la Empresa.....	3
1.1.1 Ubicación de la Empresa.....	3
1.1.2 Razón Social.....	3
1.1.3 Reseña histórica.....	3
1.1.4 Estructura Organizativa.....	4
1.2 Misión, Visión, Objetivos y Valores de la Empresa.....	4
1.2.1 Misión.....	4
1.2.2 Visión.....	5
1.2.3 Objetivos.....	5
1.2.4 Valores.....	6
1.3 Descripción del Departamento donde se desarrolla la Pasantía.....	6
1.3.1 Proceso de Producción.....	7
1.3.2 Estructura Organizativa del Departamento de Mantenimiento.....	7
II EL PROBLEMA	9
2.1 Planteamiento del Problema.....	9
2.2 Formulación del Problema.....	12
2.3 Objetivos de la Investigación.....	12
2.3.1 Objetivo General.....	12
2.3.2 Objetivos Específicos.....	12
2.4 Justificación.....	13

2.5 Alcance y Limitaciones.....	14
III MARCO TEÓRICO	15
3.1 Antecedentes.....	15
3.2 Teoría central de la investigación.....	18
3.3 Bases Teóricas.....	18
3.3.1. Mantenimiento.....	18
3.3.2. Mantenimiento Basado en Condición (CBM).....	21
3.3.3. Vibraciones.....	22
3.3.4. Monitoreo de Condición a través de Vibraciones.....	23
3.4 Bases Legales.....	25
3.4.1. ISO 10816: Vibraciones Mecánicas – Evaluación de Vibraciones en máquinas medidas en superficies no giratorias.....	25
3.4.2. ISO 14694: Ventiladores Industriales – Especificaciones para la calidad del equilibrio y los niveles de vibración.....	
3.4.3. Sección 342.22 del Código Eléctrico Nacional: Tubo de Metal Intermedio. Tipo IMC. Número de Conductores.....	27
3.5 Definición de Términos.....	27
IV MARCO METODOLÓGICO	29
4.1 Tipo de Investigación.....	29
4.2 Diseño de la Investigación.....	29
4.3 Nivel de la investigación.....	30
4.4. Población y muestra.....	30
4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	31
4.6 Validación del Instrumento.....	32
4.7. Técnicas de análisis de resultados.....	32
4.8. Fases metodológicas.....	33
4.9. Confiabilidad de la Investigación.....	34
4.10. Cuadro de Operacionalización de Variables.....	35

V	RESULTADOS	36
	6.1 Fase I: Diagnóstico de las condiciones operativas de las máquinas rotativas ubicadas en cada edificio de proceso en la planta de Negroven, S.A.	36
	6.2 Fase II: Determinación de la instrumentación necesaria para el monitoreo, evaluación y control de las vibraciones producidas por las máquinas rotativas.....	40
	6.3 Fase III: Diseño de un sistema para el monitoreo de las vibraciones pertenecientes a las máquinas rotativas de los edificios de proceso U1 y U2 de Negroven, S.A.	41
	6.4 Fase IV: Estudio de la factibilidad económica, técnica y operativa de la propuesta.....	56
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
	REFERENCIAS.....	63
	APENDICE.....	66

LISTA DE CUADROS

	DESCRIPCIÓN	
CUADRO		pp.
1	Cuadro de Operacionalización de variables	35

LISTA DE GRÁFICOS

	DESCRIPCIÓN	
GRÁFICO		pp.
1	Categorías de fallas en máquinas rotativas por porcentaje	9

LISTA DE TABLAS

	DESCRIPCIÓN	
TABLA		pp.
1	Resumen de inversión anual en mantenimiento predictivo a partir de vibraciones	11
2	Tabla de Severidad de Vibración	26
3	Porcentaje de la Sección Transversal de Conductos y Tubería para Conductores	27
4	Descripción física de las máquinas rotativas	36
5	Características de los motores de las máquinas rotativas de los edificios de proceso	37
6	Estándar de vibración para ventiladores basado en la norma ISO 14694	38
7	Estándar de vibración para máquinas rotativas basado en la norma ISO 10816	39
8	Rangos de operación de transductores de vibración según su tipo y estándares comerciales	40
9	Cantidad de puntos de medición por máquina	45
10	Lista de Materiales necesarios por unidad	52
11	Tiempo técnico de reparación promedio de las máquinas de los edificios de proceso	58

LISTA DE FIGURAS

DESCRIPCIÓN

FIGURA		pp.
1	Entrada a las instalaciones de Negroven, S.A.	4
2	Estructura Organizativa de Negroven, S.A.	4
3	Estructura Organizativa del Departamento de Mantenimiento de Negroven, S.A.	7
4	Relación costo-beneficio y dificultad de implantación	19
5	Alineación de ejes de vibración	24
6	Matriz FODA correspondiente al HS-420RT	42
7	Matriz FODA correspondiente al HS-420	42
8	Matriz FODA correspondiente al HS-473	42
9	Acelerómetro HS-420RT	43
10	Montaje Roscado	44
11	Punto de Medición para Máquinas con motor de acople directo	45
12	Punto de Medición para Máquinas con motor de acople de correas	46
13	Módulo de comunicación ControlNet redundante	46
14	Módulo FLEX I/O de 12 entradas analógicas seleccionables	47
15	Unidad Base Terminal 1794-TB3GS	47
16	Modulo FLEX I/O de 8 entradas RTD	48
17	Unidad Base Terminal 1794-TB3	48
18	Fuente de poder 24VDC, 1.3A	49
19	Distribución de zonas de los edificios de proceso	50
20	Configuración de módulo de entradas analógicas seleccionables.	53
21	Valores de modos de corriente y voltaje.	54
22	Bloque de escalamiento SCP para señales de rango de 0-10 mm/s	55
23	Bloque de escalamiento SCP para señales de rango de 0-20 mm/s	55
24	Bloques de comparación para activación de alarma.	56



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA LAS VIBRACIONES
PRODUCIDAS POR LAS MÁQUINAS ROTATIVAS DE LOS EDIFICIOS DE
PROCESO U1 y U2, UBICADOS EN LA EMPRESA NEGROVEN, S.A.**

Autor: Robert Alfonso Ojeda Sumoza.

Tutor: Ing. Gerson Sánchez

Fecha: Junio 2023

RESUMEN INFORMATIVO

En el presente trabajo se expone la propuesta de diseño de un sistema de monitoreo de vibración de las máquinas rotativas de los edificios de procesos de la empresa Negroven, S.A.; hecho surgido de la problemática planteada a partir de la búsqueda de mejorar el diagnóstico de condición de las máquinas rotativas y como mejorar la eficiencia del mantenimiento. Partiendo de la misma línea, el monitoreo basado en condición consiste en una estrategia en la cual por medio de la medición de parámetros en tiempo real se puede diagnosticar posibles fallas en equipos a corto, medio o largo plazo. Entre las técnicas que pertenecen a esta estrategia se encuentra el análisis de vibración, en el cual consiste en la captación de las vibraciones producidas por la máquina y a partir de allí determinar la condición de la máquina. En este trabajo a partir del uso de esta técnica se plantea el objetivo de proponer un sistema de control para el monitoreo de vibraciones en las máquinas rotativas de los edificios de proceso U1 y U2 de la empresa Negroven, S.A., en concordancia con la línea de investigación de ciencias cognitivas y aplicadas. En el ámbito metodológico, el presente trabajo es de tipo factible con un diseño de campo y nivel descriptivo, además, a partir de la observación, revisión documental y entrevista como técnicas de recolección de datos se obtuvo como resultado de la propuesta toda la información necesaria para la implementación, en concordancia con el cumplimiento de los objetivos planteados en la investigación, tales como presupuestos, planos y listas de materiales. Asimismo, se concluye que la investigación como propuesta es factible, derivado de un estudio de factibilidad basado en un análisis presupuestario, tomando en cuenta criterios de diseño para la escogencia de los equipos y materiales.

Descriptor: Mantenimiento, Vibración, Condición, Máquinas Rotativas

INTRODUCCIÓN

En las empresas de producción continua, dentro de sus plantas, existe un departamento que es el encargado de mantener en funcionamiento de las máquinas y artefactos que dentro de la empresa son de uso necesario, en mayor o menor medida; dicho departamento es el de mantenimiento y con el pasar de los años ha evolucionado su manera de trabajo para lograr que su gestión sea más eficiente. La creación de estrategias para evitar panoramas no esperados ha caracterizado esta evolución y es por ello que estrategias como la termografía, análisis de aceites y el análisis de vibraciones son algunas de las técnicas que con el pasar de los años se están tomando en consideración para protocolos de mantenimiento más complejos.

El análisis de vibración es uno de los métodos más populares utilizados para el diagnóstico de condición, permitiendo que se pueda predecir fallas en un corto, medio o largo plazo. Condiciones como desbalances y deterioros de cojinetes, son unas de las tantas razones por la cual existen vibraciones no deseadas, en las cuales a partir de este método pueden ser diagnosticadas antes de generar paros en la máquina no previstos. En este trabajo se realiza una propuesta de diseño, en el cual tiene como finalidad poder aplicar el monitoreo de vibraciones como una alternativa para el diagnóstico de condición de las máquinas rotativas que se encuentran en los edificios de proceso de la empresa Negroven, S.A. permitiendo generar un impacto positivo en la eficiencia del mantenimiento de la planta.

Es por ello que en el presente trabajo se comprende de siete capítulos en los cuales el Capítulo I establece toda la información de la empresa Negroven, como su descripción, razón social, dirección, misión, visión, valores, su estructura organizacional, historia de la empresa su proceso productivo, sus objetivos planteados como empresa y una descripción detallada del departamento de mantenimiento junto a su estructura organizativa. Seguidamente el Capítulo II, se establece a partir del planteamiento del problema, continuando con los objetivos de la investigación, la justificación de la elaboración del trabajo y por último el alcance y las limitaciones del mismo.

Continuando, se tiene el Capítulo III el cual comprende del marco teórico, empezando por los antecedentes de la investigación, seguido de la teoría central de la investigación, luego comienzan las bases teóricas que brindan información necesaria para el entendimiento de la propuesta, siguiendo con las bases legales que sustentan el trabajo y para finalizar el capítulo la definición de términos básicos. Para la descripción de todo el ámbito metodológico del trabajo se encuentra el Capítulo IV, en el cual comienza relatando el tipo de investigación que

se llevo a cabo, continuando con el diseño de la investigación, la descripción del nivel de investigación, las técnicas e instrumentos para la recolección de los datos junto con la validación de las mismas y de forma continua las técnicas que se usarán para el análisis de los datos.

Adicionalmente, podemos encontrar en dicho capítulo las fases en las que divide la investigación, el cuadro de operacionalización de variables junto con la confiabilidad de la presente investigación. Posteriormente, se encuentra el Capítulo V en el cual se estipulan todos los recursos a usarse en el presente trabajo, empezando por los recursos humanos a usarse, luego los recursos institucionales y materiales y por último el cronograma de actividades a realizar para el cumplimiento de la propuesta.

Además, se encuentra el Capítulo VI, correspondiente a los resultados obtenidos de la investigación, el cual describe lo ejecutado en cada una de las fases metodológicas de la investigación, basado en los objetivos de la misma, por lo que el mismo se divide según estas y lo que conlleva. Finalmente, se tiene el Capítulo VII, el cual corresponde a las conclusiones y recomendaciones derivadas de la ejecución de la investigación como propuesta, así como, los resultados obtenidos del capítulo anterior.

CAPÍTULO I

LA EMPRESA

1.1 Descripción de la Empresa

Negroven, S.A. es una empresa dedicada a la producción de Negros de Humo para las industrias del caucho, plásticos y tintas, a partir de la materia prima suministrada como resultado de la refinación en la industria petrolera venezolana.

1.1.1 Ubicación de la Empresa

La empresa está ubicada en la Avenida Domingo Olavarría, Zona Industrial Municipal Sur II Apartado Postal 452- Zona Postal 2003, Valencia, Venezuela.

1.1.2 Razón Social

Negroven, S.A.

1.1.3 Reseña Histórica

Negroven, S.A. es una empresa fundada en Valencia, Venezuela en 1962 debido a la necesidad ocasionada en la década de los 50 por el desarrollo industrial que proyectaba el país, es por ello cuatro importantes fábricas de neumáticos llegaron al país (Firestone, Goodyear, Uniroyal y General). La producción de gran cantidad de neumáticos en el país creó una importante demanda de Negro de Humo, materia prima indispensable para su fabricación. Con la ventaja de tener amplia disponibilidad de un derivado de petróleo como materia prima, surgió la idea de producir Negro de Humo en Venezuela, y la idea se vio materializada con la inauguración de la planta en 1962, la segunda en instalarse en Sur América.

La planta de Negroven fue diseñada para utilizar los procesos más avanzados de la época, y con el pasar de los años, ha modernizado sus instalaciones e incorporadas nuevas tecnologías, incrementando su capacidad instalada de 6.000 TM/Año en sus inicios a 70.000 TM/Año, lo cual la califica como planta de escala mundial. Desde entonces ha mantenido un constante avance tecnológico y mejoramiento en sus procesos, aumentando su capacidad de producción, mejorando la calidad de sus productos, preservando el ambiente y la biodiversidad, cuidando la seguridad y salud de sus trabajadores y elevando su calidad de vida. En 1995 obtuvo su primera certificación con las Normas ISO y mantiene un Sistema de Gestión integrado, certificado bajo las normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001. Así, Negroven ha hecho la historia del Negro de Humo en Venezuela.



Figura 1. *Entrada a las instalaciones de Negroven, S.A.*

Fuente: Pagina Web de Negroven, S.A.

1.1.4 Estructura Organizativa

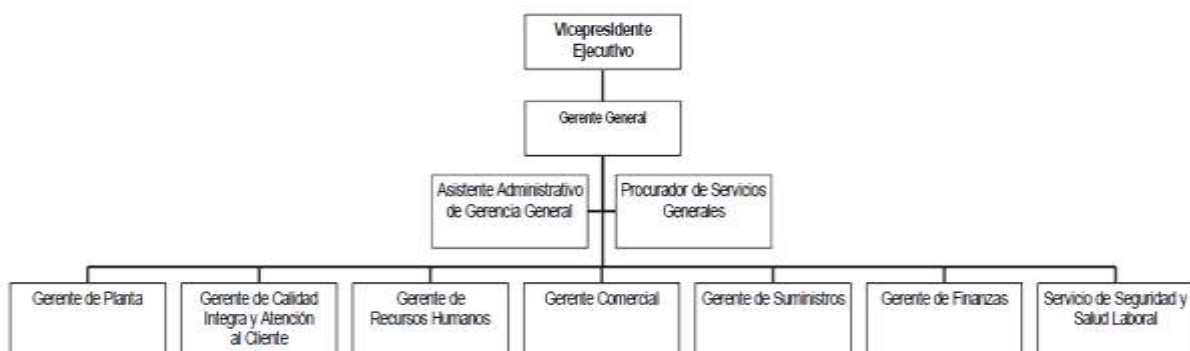


Figura 2. *Estructura Organizativa de Negroven, S.A.*

Fuente: Departamento de Recursos Humanos de Negroven, S.A.

1.2 Misión, Visión, Objetivos y Valores de la Empresa

1.2.1 Misión

Gerenciar en forma eficiente los procesos que conforman nuestro negocio, ayudándonos en valores de la empresa, para satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes y otras partes interesadas, preservar el ambiente, usar racionalmente los recursos energéticos, garantizar el mejor desempeño en seguridad y salud en el trabajo y cumplir con las leyes y normativas legales en donde actuamos y vendemos nuestros productos, para generar retorno financiero a los accionistas y bienestar a nuestros trabajadores.

1.2.2 Visión

Negroven será una gran empresa, la mejor en todos los mercados que sirve, particularmente en lo que respecta a seguridad, calidad e innovación; satisfacción de su personal, clientes y comunidad; y retorno a sus accionistas. Negroven será siempre una gran empresa, esforzándose por lograr la excelencia en todo lo que haga, manteniendo su personal altamente motivado en una organización basada en valores, incrementando el uso de las tecnologías disponible para satisfacer las necesidades de sus clientes y ganar su confianza.

1.2.3 Objetivos

La empresa Negroven, S.A. hace renovación de sus objetivos de forma anual, por lo cual, para el año 2023 se plantean los siguientes objetivos:

1. Recertificar el Sistema de Gestión con las Normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001 en el año fiscal 2023.
2. Mantener el indicador de Reclamos Procedentes de Clientes por Calidad del Producto: $\leq 1/1000$ Despachos.
3. Lograr una Venta Local: ≥ 2.250 TM/Año.
4. Lograr una Venta de Exportación: ≥ 37.750 TM/Año.
5. Producción: ≥ 39.000 TM.
6. Mantener el CPK promedio de Producto Despachado: ≥ 1.30 .
7. Producto No Conforme (proceso + clasificado): $\leq 5.00\%$.
8. Yield: ≤ 1.68 Tm Oil/ Tm NH.
9. Down Time Mantenimiento U1: < 2 días/30 días de producción.
10. Down Time Mantenimiento U2: < 2 días/30 días de producción.
11. Ampliar las fuentes alternas de suministros para cubrir situaciones imprevistas de proveedores regulares: > 54 Proveedores.
12. Cubrir las vacantes de los procesos operativos para asegurar la disponibilidad de personal necesario para la continuidad de la operación (Proceso de Selección máx.45 días hábiles).
13. Cero Accidentes de trabajo que produzcan lesiones con incapacidad parcial o absoluta, temporal o permanente.
14. Mantener en las instalaciones de PRD y EYD niveles de Polvo Respirable < 3.5 mg/m³.
15. Mantener la tasa de Consultas Preventivas Vs Consultas Curativas ≥ 1 .

16. Mantener las condiciones de la planta de acuerdo con lo establecido en el Protocolo Biosanitario de la Empresa para minimizar el riesgo de contagio con el SARS-COV-2.

17. Cero Reclamos de la Comunidad por impactos ambientales.

18. Mantener valores de Sólidos Suspendidos en agua tratada en la Planta de Tratamiento < 70 mg/lit.

19. Mantener en las instalaciones de PRD y EYD niveles de Polvo Total < 10 mg/m³.

1.2.6 Valores

La Integridad

Actuamos con altos estándares de ética e integridad personal, cumpliendo siempre con las leyes y reglamentos. Nos esforzamos para lograr la más alta calidad en todo lo que hacemos con un irrefutable respeto por la seguridad, la salud y la preservación del medio ambiente.

El Respeto

Somos abiertos, honestos, sinceros y confiables. Escuchamos y aprendemos de nosotros mismos, de nuestros clientes y del mundo exterior, compartiendo generosamente los conocimientos adquiridos.

La Innovación

Trabajamos con sentido de urgencia y eficiencia, para crear nuevas maneras de agregar más valor a nuestro proceso productivo, buscando la mejor relación costo/beneficio y abrir nuevos mercados a nuestros productos. Mejoramos continuamente al comprender éxitos y fracasos tanto nuestros como ajenos.

La Competitividad

Para ser los mejores, nos esforzamos por lograr la excelencia en todo lo que hacemos. Escuchamos a nuestros clientes, accionistas y mercados, y competimos agresivamente para satisfacer sus expectativas valiéndonos del trabajo en equipo, el liderazgo y la confianza en nosotros mismos. Aprovechamos las oportunidades con prontitud, persistencia y coraje.

1.3 Descripción del Departamento donde se desarrolla la Pasantía

Mantenimiento es el área operativa responsable de que los equipos e instalaciones de la organización funcionen según su mejor desempeño, de manera confiable, con la máxima disponibilidad posible y un control eficiente de costos. Para el logro de sus objetivos, utiliza las técnicas de mantenimiento centrado en confiabilidad. Por una parte, la vía proactiva de esta metodología conduce al monitoreo del estado de los equipos por medio de inspecciones preventivas; en aquellos casos en que ocurre la falla ayuda a identificar las causas originales

de los defectos para evitar la recurrencia después de la reparación. Con la aplicación de estas técnicas se busca la mayor parte del trabajo de mantenimiento sea de tipo proactivo y que un alto porcentaje de toda la actividad, pueda planificarse y evitar en lo posible la ocurrencia de fallas inesperadas.

1.3.1 Proceso de Producción

Dentro de Negroven se produce Negro de Humo en distintos grados en los cuales se pueden clasificar en grados reforzantes y semi-reforzantes, el sistema de producción para cada uno de ellos es procedimentalmente el mismo, haciendo entonces su diferencia entre cada grado la composición química en su estado final. El Negro de Humo es carbono químicamente puro, se produce en reactores especialmente diseñados, mediante la descomposición térmica de un hidrocarburo utilizado como materia prima. Las altas temperaturas imperantes en el reactor provocan la ruptura de las moléculas del hidrocarburo en sus dos componentes básicos: carbono e hidrógeno.

El carbono es el Negro de Humo que así obtenido, conjuntamente con los gases de combustión, avanza a la etapa de filtrado, donde el negro de humo es separado de los gases. A continuación, el Negro de Humo en polvo que proviene de la fase de filtrado, pasa a la fase donde se densifica mediante una peletización y posteriormente se conduce a la fase de secado donde adquiere las condiciones finales del producto. Finalmente se envía a los silos de almacenamiento, desde donde se alimentan los sistemas de ensacado y llenado a granel. Todo el proceso, desde la recepción de la materia prima hasta el despacho del producto terminado, es monitoreado, analizado y controlado bajo estrictas medidas, con la finalidad de garantizar su calidad.

1.3.2 Estructura organizativa del departamento de mantenimiento

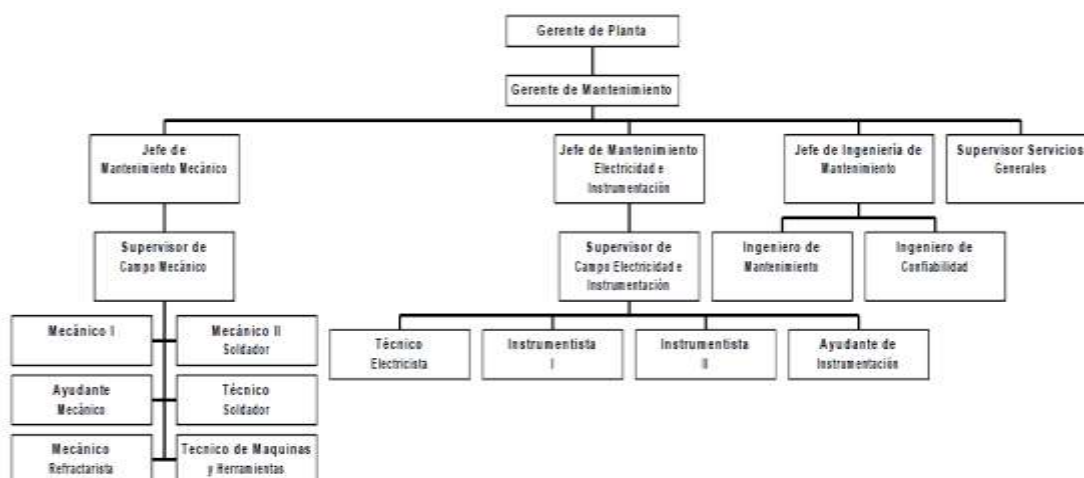


Figura 3. Estructura Organizativa del Departamento de Mantenimiento de Negroven, S.A.
Fuente: Departamento de Recursos Humanos de Negroven, S.A.

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

2.1 Planteamiento del Problema

En las plantas de producción, el control en tiempo real de todo lo que sucede en ella es sinónimo de un trabajo más eficiente y con errores reducidos, es por ello que con el pasar del tiempo las industrias buscan cada vez más la manipulación, análisis, control y/o monitoreo de la mayor cantidad de variables que sean necesarias para no dejar ningún evento fuera de un panorama de escenarios que se planteen no solo para una producción de calidad sino también para la seguridad de los trabajadores y la vida útil de la maquinaria en uso. Según Gutiérrez e Iturralde (2017), el control y la instrumentación ha permitido el avance tecnológico de la ciencia actual como la automatización de los procesos industriales; ya que la automatización es solo posible a través de elementos que puedan censar o transmitir lo que sucede en el ambiente, para luego tomar una acción de control pre-programada que actué sobre el sistema para obtener el resultado previsto.

Tomando en cuenta lo estipulado anteriormente para las variables implícitas en un proceso industrial, podemos tomar esto como punto de partida para múltiples usos que van más allá de la calidad en la producción de un producto, es por ello que la aplicación de estas variables para el mantenimiento dentro de planta se ha convertido en uno de los avances más predominantes en tecnología. Antes de la búsqueda de innovadoras formas de poder mejorar el mantenimiento en planta, es importante conocer que las prioridades para el departamento se encuentran en las máquinas que son las encargadas del proceso productivo, específicamente, en toda la maquinaria que sin su funcionamiento no existiría el proceso.

A partir de ello podemos enfocarnos en las máquinas rotativas, de las cuales comprenden un gran número de ejemplares dentro de todos los procesos productivos a nivel mundial y de las cuales poseen distintos motivos de fallas. Parker y Portos (2015) expusieron ante la conferencia técnica de petróleo e industria química las principales causas de falla en las máquinas rotativas pertenecientes a la industria petroquímica (Ver gráfico 1), conociendo estos datos se puede hacer relevancia en que los daños mecánicos además de ser los más comunes son los que poseen mayor cantidad de factores que generan estos daños; problemas como desbalances, falta de lubricación, desgaste en cojinetes son de las múltiples razones posibles que pueden generar daños mecánicos, permitiendo la necesidad para los departamentos de mantenimiento de encontrar formas de prevenirlo.

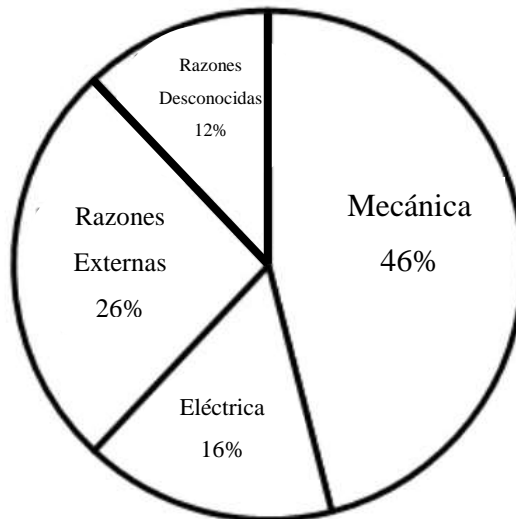


Gráfico 1. Categorías de fallas en máquinas rotativas por porcentaje

Fuente: Máquinas más comunes y la razón de sus fallas en la industria petroquímica (Portos J., Parker B., Expuesto en la conferencia técnica de petróleo y la industria química, 2015).

Nota. El 46% Mecánicas, 26% Razones externas, 16% Eléctricas, 12% Razones desconocidas.

Como conclusión de la gráfica se puede decir que a pesar de que en las máquinas rotativas su común dominante es que estos son eléctricos, no es la principal falla que se presenta en la industria, lo cual implica un punto positivo para las protecciones y controles eléctricos, sin embargo, en ámbitos mecánicos por el hecho de ser piezas en movimiento expuestas a fricciones, golpes, etc., el control y la preservación de las mismas es mucho más compleja. Estos problemas mecánicos en las máquinas rotativas si no son monitoreados de forma constante obliga al personal al empleo del mantenimiento preventivo, que a pesar de ser una estrategia viable, está basado en una estimación de vida útil de los componentes mecánicos, cosa que en ciertas circunstancias no es beneficioso por la realización de mantenimiento preventivo simplemente por el hecho de estar en una planificación y no porque realmente exista un daño que perjudique a la máquina, generando pérdidas monetarias y de tiempo.

Por consiguiente, el mantenimiento industrial ha evolucionado periódicamente según la necesidad de las industrias a nivel mundial de crear un proceso productivo en el que sea aprovechable la mayor cantidad de tiempo y con el uso de la menor cantidad de recursos sin generar pérdidas considerables en los equipos usados, es por ello que con el pasar de los años se han experimentado distintas “generaciones” de métodos para el diagnóstico, análisis y respuesta. Para Muñoz (2020), el mantenimiento afronta lo que se podría denominar como su tercera generación, con la disponibilidad de equipos electrónicos de inspección y de control, sumamente fiables, para conocer el estado real de los equipos mediante mediciones

periódicas o continuas de determinados parámetros: vibraciones, ruidos, temperaturas, análisis fisicoquímicos, tecnografía, ultrasonidos, endoscopia, etc.

Las vibraciones son un fenómeno físico que a través de los años no ha sido la principal variable de análisis en las industrias, ya que a priori no es manipulable para la calidad de un producto en un proceso productivo, sin embargo, la medición de vibraciones es de las herramientas más contundentes para el diagnóstico de daños a plazo inmediato, medio y largo; esto se traduce a que se pueda tener en cuenta la vida útil de una máquina pudiendo hacer una planificación a partir del estado de la misma para la realización de mantenimiento predictivo según el diagnóstico. De esta misma forma como punto adicional aparte del diagnóstico de posibles daños, también el análisis profundo de las vibraciones puede arrojar el motivo del daño, generando conocimiento de los posibles escenarios que pueden ser no favorables para el buen funcionamiento de la planta.

Tomando en cuenta los avances a través del mantenimiento y las fallas a las que están sometidas las máquinas rotativas es evidente la necesidad de plantear sistemas que mejoren el diagnóstico de fallas de forma que se busque mejorar la eficiencia en el mantenimiento industrial. Cuando se menciona la eficiencia se tiene que añadir la necesidad constante que tiene una empresa por generar confiabilidad, Izquierdo (2014) basa la confiabilidad en:

“Una estructura de análisis a partir de la información específica de los equipos y la experiencia de los usuarios que trata de determinar las políticas de mantenimiento más efectivas, donde el resultado de cada estudio en particular, es una lista de acciones de mantenimiento, programas y responsabilidades, y estas a su vez, dan por resultado una mejor disponibilidad, y rendimiento operativo de los procesos productivos.” (p. 54).

A partir de lo estipulado se puede decir que existe una estrecha relación entre la búsqueda de nuevas alternativas de monitoreo y la confiabilidad que poseen las máquinas al funcionar en el proceso productivo, es decir, si se plantea una alternativa para el estudio de variables importantes que permitan diagnosticar la condición se podría generar seguridad en el funcionamiento de la máquina, provocando una predicción certera de cuando sería el momento adecuado para realizar el mantenimiento a la máquina, cosa tal que podría influir en la eficiencia del mantenimiento. Por medio de toda esta información se plantean dos panoramas importantes, en los cuales, el cómo se podría mejorar el diagnóstico de las máquinas y el cómo mejorar la eficiencia correlacionan en una perspectiva común.

Tomando en cuenta esto, Negroven posee la necesidad de una mejora constante en su departamento de mantenimiento, por lo cual, la búsqueda de nuevas alternativas que los mantenga en dirección de las nuevas tecnologías generando un impacto positivo de forma operacional y técnica es el principal enfoque en ámbitos de desarrollo. Considerando esto,

Negroven posee como objetivo la reducción del “Down time”, el cual es el tiempo de inactividad no programada, este término está directamente relacionado con la efectividad de las estrategias de mantenimiento predictivo y preventivo, esto da como consiguiente que para generar una buena estrategia de mantenimiento se debe contar con una correcta estructura de planificación y con métodos que permitan el análisis de condición de los dispositivos de la empresa permitiendo hacer una correcta predicción o prevención.

En Negroven, el mantenimiento predictivo y preventivo está soportado en un sistema de órdenes de trabajo con rutinas orientadas a la revisión de los equipos, se podría decir que cuentan con la planificación necesaria para llevar un control correcto de mantenimiento, cumpliendo con parte de las directrices de una buena estrategia de mantenimiento predictivo y preventivo. Sin embargo, los costos de estrategias predictivas son de precios muy elevados, lo cual implica una alta inversión para asegurar la disponibilidad de las máquinas. A partir de ello, Negroven anualmente posee un gasto considerable de recursos para el empleo de estrategias predictivas basadas en condición, además, si solo se toma en cuenta lo invertido en monitoreo de vibraciones, se puede resumir a continuación (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Resumen de inversión anual en mantenimiento predictivo a partir de vibraciones

Estrategia	Frecuencia	Recursos			
		Tiempo	Financieros	Humanos	Técnicos
Análisis de Condición Especializado	Al menos una vez al año	2-3 Días de trabajo	Aproximadamente \$700 - \$800	Personal especializado externo a la empresa	Analizador de vibraciones y dispositivos de captación de datos usados por el personal contratado
Monitoreo en sitio	Cada quince días*	2 Días de trabajo	Costos de calibración y certificación del instrumento	Personal de mantenimiento mecánico e ingeniería de mantenimiento	Analizador de vibraciones

Fuente: Departamento de Ingeniería de Mantenimiento, Negroven, S.A.

Nota: *Mientras se encuentre operativo el equipo.

A su vez, la empresa Negroven como alternativa de mantenimiento predictivo, realiza la contrata de servicios de análisis de vibraciones por agentes especializados, con la finalidad de obtener un diagnóstico preciso de las condiciones operativas de las máquinas, sin embargo, sus costos son considerables. Es importante destacar que, a pesar de ser un análisis completo de las condiciones de las máquinas, en ciertos casos, este estudio concluye en resultados que eran previstos gracias al monitoreo en sitio, por lo cual, puede considerarse

que fue innecesario el estudio para ciertas máquinas en el momento seleccionado, pero de igual forma, contribuye a los costos de la aplicación de la estrategia.

Con respecto al monitoreo en sitio, a pesar de ser una alternativa predictiva con buenos resultados, esta amerita el uso de cierta cantidad de personal, es decir, si se considera la frecuencia con la que es realizado el monitoreo, se puede concluir que existe una inversión de tiempo de trabajo únicamente para el monitoreo de vibraciones, generando así, dificultades en la planificación del mantenimiento en lo restante que respecta a la planta. Esto tomando en cuenta que se encuentre en funcionamiento el dispositivo, resaltando así, la necesidad de una alternativa en casos donde no se cumpla la operatividad del instrumento sin la dependencia de personal externo a la empresa.

Contemplando lo estipulado, Negroven tiene la necesidad de contar con nuevas alternativas para el diagnóstico de condiciones operativas, específicamente de las máquinas rotativas de sus dos edificios de proceso, máquinas que son consideradas de alta importancia para el proceso de producción de negro de humo, por medio de la reducción de recursos económicos, temporales, técnicos y humanos necesarios para el mantenimiento, permitiendo un trabajo más eficiente. Por lo cual a partir de esta problemática se formula la siguiente interrogante.

2.2 Formulación del Problema

¿Cómo mejorar el diagnóstico de posibles fallas en las máquinas rotativas y la eficiencia en el mantenimiento de la planta?

2.3 Objetivos de la Investigación

2.3.1 Objetivo General

Proponer un sistema de control para el monitoreo de vibraciones en las máquinas rotativas de los edificios de proceso U1 y U2 de la empresa Negroven, S.A.

2.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar las condiciones operativas de las máquinas rotativas ubicadas en cada edificio de proceso en la planta de Negroven, S.A.

-Determinar la instrumentación necesaria para el monitoreo, evaluación y control de las vibraciones producidas por las máquinas rotativas.

- Diseñar un sistema para el monitoreo de las vibraciones pertenecientes a las máquinas rotativas de los edificios de proceso U1 y U2 de Negroven, S.A.

- Estudiar la factibilidad económica, técnica y operativa de la propuesta.

2.4 Justificación de la investigación

La realización de este proyecto tiene el fundamento de ser un diseño que puede llevarse a cabo en la empresa Negroven, razón por la cual en ámbitos sociales, este proyecto genera un impacto positivo en los trabajadores de la empresa, específicamente, a los trabajadores pertenecientes al departamento de mantenimiento debido al planteamiento de una alternativa para beneficiar la eficiencia en su trabajo por medio de nuevos métodos para el diagnóstico de máquinas rotativas que son consideradas de alta importancia para el proceso. Esto permite que el personal realice su trabajo más rápido, planificado y disminuyendo la probabilidad de sobre esfuerzo por situaciones imprevistas.

En el ámbito económico la presente propuesta puede considerarse atractiva a partir del hecho de predecir la vida útil de las máquinas, permitiendo que por medio de una certera planificación se puedan reducir los gastos provocados por gestiones de mantenimiento predictivo de empresas especialistas en monitoreo de condición, así como la reducción de los costos de mantenimiento correctivo. Si se considera los aspectos ambientales positivos que genera la propuesta, es de gran relevancia mencionar la reducción de piezas de sustituciones usadas y desechadas, permitiendo que exista una preservación del ambiente por la reducción de los desechos sólidos reemplazados.

En materias de conocimiento y academia, esta propuesta puede servir como pilar para el desarrollo de nuevos proyectos de investigación, además, de servir como parte de una base de datos sobre las ciencias cognitivas y aplicadas como línea de investigación para el mantenimiento industrial. En otro panorama, este trabajo puede beneficiar en el desarrollo de nuevas propuestas para la implementación de proyectos que mejoren aspectos relevantes en el mantenimiento dentro de la empresa Negroven, S.A., permitiendo la propia implementación o nuevos esquemas basados en esta investigación como antecedente.

A partir del desarrollo de un sistema que tenga la capacidad de conocer el estado operativo de las máquinas rotativas, se puede notar de forma evidente el beneficio técnico que posee la propuesta. Aspectos como mayor confiabilidad y eficiencia son resultado de la generación de nuevas alternativas que impacten en la gestión de la labor de diagnóstico de condiciones, como también cumplir con las bases preliminares para estrategias de optimización del mantenimiento y a partir de allí poder evolucionar el departamento para la creación de protocolos para la confiabilidad y/o una gestión de mantenimiento de clase mundial, dando así que este proyecto sea algo novedosos para el mantenimiento y los procedimientos de Negroven, S.A.

2.5 Alcance y Limitaciones

En cuanto al presente trabajo de investigación, este se encuentra enmarcado por la empresa de estudio, Negroven S.A., por lo que, el proyecto solo se desarrollará sobre la misma y los resultados obtenidos serán específicos de ella, aunque podrían ser empleados como referencia en otras situaciones y empresas. Por otra parte, aunque la investigación realizada se encuentra situada en una empresa en específico, la misma no plantea una implementación dentro de su cronograma, por lo que, solo se presenta como una propuesta, sin embargo, la misma provee de toda la información de conocimiento necesario para que en un futuro alguien más decida implementarla.

De esta forma, esto implica que actividades como la asignación de las direcciones de entrada y salidas lógicas, los bits de control, además de cualquier otra conexión adicional que deba realizarse entre el sistema de control principal de la empresa respecto al sistema contemplado en la propuesta no se realizarán, debido a que todo ello es parte de la ejecución de la implementación, lo cual ya fue mencionado que no se contempla dentro de la investigación. Aunque, claro está, la propuesta contempla la entrega de planos de instalación correspondientes a cada zona, además de, el programa PLC para la lectura de las señales, monitoreo, y control de las vibraciones, así como, una lista de materiales necesarios para su instalación junto con un presupuesto de costos factibles, y un análisis de factibilidad económica, operativa y técnica.

En otro orden de ideas, las limitaciones que pueden definir con mayor profundidad el alcance de la investigación se tiene que, de implementar la propuesta dada, los gastos de su ejecución deberán ser cubiertos por la empresa Negroven, debido a que se encuentra en su propiedad y es para el avance del control de su maquinaria en el área de procesos. Asimismo, debido a que no se posee la licencia del programa PLC, esto impide que el programa necesario para realizar el control no pueda emplear el mismo entorno en el cual se utiliza el PLC del sistema principal.

En cuanto al tiempo de ejecución de la propuesta, el mismo se encuentra limitado por la duración de dos semestres académicos en la Universidad José Antonio Páez, por lo que, el periodo de ejecución es de ocho (8) meses para su ejecución y consolidación de resultados. Finalmente, la propuesta se encuentra limitada por el área de procesos de la empresa Negroven, debido a que la investigación se destina exclusivamente a esta, y esta área solo se encuentra ubicada en los edificios U1 y U2, por lo que, la propuesta se delimita físicamente a los edificios de procesos U1 y U2 de la empresa Negroven S.A.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

Según Arias estipula que los antecedentes “reflejan los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones” (2012, p. 106). A partir de esto, se puede decir que los antecedentes funcionan como referencia para la recolección de información en trabajos previos que fundamentan la misma línea investigativa o dan pie a nuevos entornos de desarrollo académico. Es por ello que, se presentan a continuación los antecedentes que sustentan la investigación planteada como objeto de estudio.

Flores E., Albornoz A., López E. y Romero J. (2020) realizaron una **Evaluación mediante vibraciones de los rodamientos de la transmisión de un prototipo mini Baja SAE**, trabajo que fue publicado en la “Revista Ingeniería UC” en su volumen 27 de la Universidad de Carabobo. La publicación tuvo como propósito la evaluación no invasiva de vibraciones a los rodamientos del sistema de transmisión del prototipo mini Baja SAE UC 2004 en el que se analizan los posibles defectos existentes. El estudio realizado comprendió las siguientes etapas: ubicación y especificación de cada rodamiento utilizado en el sistema de transmisión; medición y obtención de datos; obtención de las frecuencias de falla para cada rodamiento del sistema de transmisión y estudio de los datos obtenidos. En ámbitos metodológicos partieron de técnicas de observación y el uso de revisión documental de trabajos referentes a la construcción del prototipo.

Es debido a ello que, partiendo del análisis de vibraciones lograron obtener el estado de condición de los rodamientos del sistema de transmisión, todo esto basado en la normativa ISO 10816, por lo cual dio como resultado del trabajo, el conocimiento del deterioro de los rodamientos fundamentado en la presentación de análisis de espectros y la comparación de los valores obtenidos de velocidad de vibración con los estándares ISO. La similitud con el presente proyecto es la aplicación de las técnicas de evaluación por condición de piezas rotativas, logrando de forma no invasiva obtener un diagnóstico de la situación operativa, por medio del fundamento de estándares internacionales ISO.

Así mismo, Matos L. (2020), publicó el trabajo de investigación de título **Tipos de mantenimiento en las plantas compresoras de gas de la industria petrolera venezolana Distrito-Lagunillas**, trabajo que fue publicado en la revista “Ingeniería y sus Alcances” en su volumen 4 de la Universidad del Zulia, en él se describió los tipos de mantenimiento

realizados en plantas compresoras de gas en la industria petrolera venezolana, Distrito Lagunillas. La metodología se consideró de tipo descriptiva, bajo un diseño no experimental de campo y como técnica de recolección de datos se empleó la encuesta mediante un cuestionario estructurado por 15 ítems con escala dicotómica.

La finalidad de este trabajo de investigación fue conocer los métodos de mantenimiento que son usados en las plantas seleccionadas como muestra, dando como resultado estadístico que las plantas que se hace un chequeo constante en las condiciones de las máquinas, respetando planificación y protocolos de mantenimiento poseen una alta presencia de confiabilidad en los equipos usados, además secciona cuáles de los métodos de mantenimiento es el que ha sido efectivo respecto a la tasa de cumplimiento de sus requerimientos y se dio a conocer los mejores resultados para el mantenimiento predictivo. La relación de esta investigación con el presente trabajo está evidenciada en el estudio de las estrategias de mantenimiento en una empresa que posee similitud operativa (petroquímica) con la planteada en este proyecto, denotando así que el uso de buenas estrategias de mantenimiento genera posibles mejoras en la confiabilidad de las máquinas.

Continuando con Hernández A. (2019), publicó el artículo de investigación **Requerimientos para la gestión de mantenimiento en la industria petrolera venezolana división occidente**, la cual tuvo como objetivo analizar la gestión de mantenimiento; de allí, en este avance se determinan los requerimientos para la gestión de mantenimiento en la industria petrolera división occidente. La investigación es de tipo descriptiva, con diseño no experimental y de campo.

A partir de la recolección de datos de las plantas especificadas como muestra y los departamentos pertinentes se dio a conocer que las plantas que tienen mejor desempeño están basadas en una planificación por condición de máquinas, lo cual les permite obtener una planificación preventiva más precisa para una calidad de gestión operativa óptima, proporcionando así la necesidad de la evolución de métodos de evaluación como requerimiento para una mejoría en la gestión de mantenimiento. La relevancia con respecto a la presente investigación es el conocimiento de las ventajas de la aplicación de nuevas alternativas de monitoreo de condición que permiten ser requisito de mejores gestiones de mantenimiento.

Por su parte, García A., Ávila E., Morales E. (2018), realizaron el **Diseño de un sistema de monitoreo de vibraciones en máquinas rotativas críticas en la línea de producción de lija**, trabajo de grado para obtener el título de ingeniero en control y automatización del Instituto Politécnico Nacional de México. El trabajo se describe con el

objetivo de un diseño de un sistema de monitoreo de vibración en máquinas rotativas críticas en un área perteneciente a la empresa Fábrica Nacional de Lija, con la finalidad de establecer los parámetros para la implementación de un sistema de mantenimiento predictivo que satisfaga las exigencias de la empresa para la reducción de los costos generados por paradas no programadas, lo cual repercute en el incumplimiento sistemático de las metas trazadas, que se refleja en los indicadores de gestión de mantenimiento.

De forma metodológica la investigación parte de la observación directa y el medio de análisis de resultados está basado en el uso de medios visuales como planos de instalación, diseño de cableado, programación PLC y para concluir su investigación un presupuesto aunando con los costos que los autores consideraron de mayor factibilidad para implementarlo. La similitud con la investigación presente es de gran medida, ya que se están planteando objetivos similares para la implementación de las vibraciones como método de diagnóstico de máquinas que pueden ser consideradas críticas en el proceso y a partir de ello analizar el impacto que tiene en la gestión de mantenimiento.

Y, por último, Parada J., Puentes A., Vergara M. (2018), realizaron un trabajo de investigación de nombre **Sistema de adquisición de datos para análisis de desbalance en máquinas rotativas**, trabajo publicado en la “Revista Colombiana de Tecnologías Avanzadas” en su volumen 1. El trabajo presenta un análisis sobre los desbalances en lo cual estipula que es uno de los problemas más frecuentes a causa de vibración en la industria, por ello es de gran importancia el estudio del mismo para aplicaciones prácticas que contribuyan a formar profesionales capaces de enfrentar este problema con conocimientos prácticos y teóricos. Para tal fin se realizó un instrumento virtual de análisis de vibración por desbalance mediante la adquisición de datos de sensores de vibraciones como acelerómetros y velocímetros, el cual sirve para evaluar los modos y efectos de falla en un rotor efectuando un diagnóstico del elemento, hallando la forma posible de corregir cuando ocurra desbalance.

La similitud con el presente trabajo está enfrascada en el análisis objetivo de una de las principales causas de vibración, es decir, por medio del análisis experimental los autores pudieron demostrar a partir de la referencia de las normas ISO para vibraciones los niveles de desbalance admitidos para que las piezas posean un nivel de cuidado de su deterioro, permitiendo así que se pueda generar un monitoreo de condición, afirmando así la similitud entre las dos investigaciones y tomando este artículo como referencia documental del análisis de vibraciones específicamente provocados por desbalances.

3.2 Teoría central de la investigación

Este proyecto tiene como teoría central de investigación al movimiento oscilatorio en el cual comprende de los movimientos armónicos, sustentados por la ley fundamental de la dinámica (Segunda ley de Newton).

3.3 Bases teóricas

Para Arias las bases teóricas “implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado” (2012, p. 107). A partir de lo estipulado anteriormente se puede decir que las bases teóricas comprenden de toda la información necesaria para la comprensión de los basamentos teóricos en la cual está establecida la investigación, generando a partir de allí un entendimiento al lector sobre el contexto a tratar dentro de ella.

3.3.1 Mantenimiento

Según Muñoz, define el mantenimiento como: “El control constante de las instalaciones (en el caso de una planta) o de los componentes (en el caso de un producto), así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de un sistema en general” (2020, p. 4). Basándonos en esto podemos denotar que el mantenimiento es la metodología clave que garantiza el buen funcionamiento de los equipos y material usado en planta para obtener un resultado normalizado a las actividades pertinentes de producción. El mantenimiento plantea unos objetivos a cumplir en la industria en los cuales de allí surgen los distintos tipos de mantenimiento que aseguran el cumplimiento de los mismos. Para Muñoz (2020), estos objetivos son:

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, los fallos sobre los bienes
- Disminuir la gravedad de los fallos que no se lleguen a evitar
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Reducir costes.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

“Un mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallos” (Muñoz, 2020, p. 5).

Para el cumplimiento de estos objetivos con el pasar del tiempo se han generado distintas estrategias de mantenimiento que han llegado a la industria como “generaciones” de las cuales en los primeros años se realizaba un mantenimiento que constaba en el reemplazo y reparación en respuesta a fallas ocasionadas en el instante, como consecuencia a que esto era poco beneficioso a mediano y largo plazo llegó una segunda generación en la cual el personal de mantenimiento optaba por prevenir posibles fallos y tratar de predecir daños en la maquinaria, esta generación tuvo una gran efectividad; pero con el pasar del tiempo las industrias buscaban una mayor precisión en el mantenimiento industrial en lo cual le dio apertura a una tercera generación que gracias a los avances eléctricos y electrónicos permite que la precisión y la evaluación en tiempo real impulse la efectividad en el mantenimiento.

Esta generación es la predominante en la mayoría de las industrias de la actualidad, sin embargo, gracias al desarrollo de softwares de análisis y manipulación de datos se está comenzando una migración hacia una nueva generación en la cual se estudia el origen de los problemas que generan la necesidad de mantenimiento y distintos protocolos de gestión de los cuales al cumplirse se puede considerar que la empresa posee una optimización del mantenimiento de clase mundial. A partir de esto se caracterizó los distintos tipos en una relación entre Costo-Beneficio y la dificultad para implementar cada tipo de mantenimiento dentro de las empresas (ver figura 3).



Figura 4. Relación costo-beneficio y dificultad de implantación.

Fuente: El nuevo enfoque de mantenimiento, Wonderware, 2020, <https://www.wonderware.es/apm-asset-performance-management/el-nuevo-enfoque-del-mantenimiento/>

3.3.1.1 Mantenimiento Regresivo

Esta estrategia de mantenimiento más allá de una reparación consiste en la sustitución del material o equipo que ha sufrido una avería por un remplazo de las mismas características o similares. Según Ballesteros (2019), no se puede considerar una estrategia, porque el mantenimiento regresivo consiste precisamente en no plantear ninguna planificación ante el mantenimiento de un activo. Nos encontramos este tipo de mantenimiento en activos de “usar y tirar” donde considerar una reparación es antieconómico.

3.3.1.2 Mantenimiento Reactivo

Esta estrategia consiste en realizar la reparación y puesta en marcha del equipo una vez se haya producido la avería en el menos tiempo posible, sin embargo, en ciertos casos a partir del dispositivo que presentó la falla y su nivel de protagonismo en la producción se puede considerar dejar fuera de servicio momentáneamente para luego poder hacer la reparación planificada del dispositivo que resultó afectado. Para Ballesteros (2019), es el mantenimiento efectuado a una máquina o instalación cuando la avería ya se ha producido y así restablecerla a su estado operativo habitual de servicio, además, el mantenimiento reactivo no es adecuado para máquinas críticas o esenciales donde una avería inesperada genere algún problema.

3.3.1.3 Mantenimiento Preventivo

Esta estrategia consiste en la sustitución, revisión y/o reparación planificada de las piezas o máquinas antes de exceder su vida útil, esto se basa en una estimación del deterioro de los componentes permitiendo que se pueda realizar una planificación para realizar paradas de planta programadas que permitan sustituir componentes que estén próximos a dañarse y poder reducir las probabilidades de que suceda una falla en operación. Según Ballesteros (2019), el mantenimiento preventivo reduce las paradas no planificadas por avería, lo cual es una gran ventaja en los procesos productivos, pero esta estrategia solamente se recomienda si no existe una manera de conocer el estado de las piezas o componentes a sustituir. Certero lo estipulado por Ballesteros ya que si solo se toma en cuenta la vida útil y la planificación a partir de ello podríamos comprometer maquinaria en buen estado simplemente por el hecho de que “ya toca”, generando gastos innecesarios y posibles pérdidas de activos funcionales.

3.3.1.4 Mantenimiento Predictivo

Esta estrategia está basada en el uso de distintas técnicas para el análisis de variables que pueden determinar una posible falla en el equipo, esto está vinculado con el chequeo periódico y evaluación situacional o de forma más moderna el análisis en tiempo real de variables que pueden dar indicios de fallas a los equipos existentes. Desde el punto de vista

técnico se puede considerar un mantenimiento predictivo a evaluaciones que no son intrusivas y te permitan el chequeo de condiciones a partir de su funcionamiento normal dando como resultado que la medición de las mismas te permita hacer un diagnóstico del estado actual del dispositivo. Para Ballesteros (2019), el mantenimiento predictivo se debe aplicar en aquellas máquinas en las cuales se puedan definir unos indicadores de modos de fallo y se realicen inspecciones de supervisión periódicas que alerten de las necesidades de mantenimiento sobre estos activos.

3.3.1.5 Mantenimiento Proactivo

Esta estrategia es una de las más actuales con respecto a su metodología de trabajo, ya que comprende de la aplicación de mantenimiento predictivo, pero añadiendo que existe una ingeniería de mantenimiento más allá que se encargara de encontrar la razón raíz del motivo de la falla para así optimizar la reparación de la misma avería a lo largo del tiempo. Ballesteros hace énfasis: “el análisis de causa raíz en el ámbito del mantenimiento proactivo se ve potenciado por el uso de las tecnologías desarrolladas para el diagnóstico predictivo y así se hace más fácil establecer las modificaciones necesarias en los equipos de proceso, tanto constructivas como operativas” (2019, p. 8).

3.3.1.6 Gestión Óptima de Programación del mantenimiento

Con el pasar de los años se ha modernizado la planificación del mantenimiento de tal forma que se lleve a cabo un óptimo funcionamiento en la reparación y la prolongación de la vida útil de los dispositivos, por lo cual actualmente a partir del uso de las estrategias de mantenimiento se generan planes de gestión que no solo permiten organizar cuando se realizaran las debidas reparaciones preventivas y análisis predictivo, sino que también mejora la eficiencia, efectividad y capacitación del personal de mantenimiento.

La aplicación de estos entornos organizativos complejos hace considerar que el mantenimiento dentro de una empresa pueda considerarse de clase mundial. Entre la lista de protocolos de gestión se encuentran: Análisis de Causa Raíz (RCA), Mantenimiento centrado en Fiabilidad (RCM) y Mantenimiento Productivo Total (TPM). A partir del mantenimiento de clase mundial Ballesteros resalta: “La única manera de competir contra países con mano de obra más económica es mediante la automatización y optimización de la gestión de los procesos y del mantenimiento de los medios de producción” (2019, p. 11).

3.3.2 Mantenimiento Basado en Condición (CBM)

El mantenimiento basado en condición es una técnica que nace a partir de la modernización del mantenimiento predictivo y preventivo a partir del enfoque proactivo (Análisis de causa raíz) en la cual más que una forma de planificar reparaciones a posibles

averías se basa en el análisis de indicadores. Para COFRICO (2020), gracias a este tipo de mantenimiento podremos disponer de la mayor cantidad de datos objetivos sobre la maquinaria, pudiendo identificar los posibles errores o posibles fallos antes de que pasen y permitiendo anticiparnos. Esto es posible gracias a un análisis continuo y prolongado en el tiempo, que nos permite ver las variaciones o cambios drásticos en el funcionamiento y que puede suponer un error futuro, o un punto de inflexión en el funcionamiento del sistema.

3.3.2.1 Tipos de Técnicas de Mantenimiento Basadas en Condición

Una de las principales fortalezas del CBM es lo poco invasivo lo que significa que la captura de datos puede hacerse mientras está en su labor normal de trabajo la máquina, además, dependiendo del tipo de técnica puede realizarse de forma constante a través de sensores o de forma periódica con inspecciones de campo y/o toma de muestra. Las principales técnicas son:

- Análisis del aceite
- Termografía infrarroja
- Análisis por ultrasonidos
- Análisis de presión
- Análisis de vibraciones

3.3.2.1.1 Mantenimiento por Termografía

La técnica de mantenimiento por termografía es ampliamente empleada como una de las varias estrategias de mantenimiento preventivo, e incluso predictivo, además de ser parte del enfoque de un mantenimiento bajo condición, el cual puede permitir encontrar fallas en los equipos antes de que estos puedan generar una reacción en cadena, que detenga el proceso en donde están siendo empleados los equipos. En su investigación, Olarte, Botero y Cañón (2011) exponen que:

“El mantenimiento predictivo cuenta con un método muy eficaz que se sustenta en el hecho de que cuando la temperatura de un equipo se incrementa es porque algo anormal está sucediendo en su operación. Este método se denomina Termografía y cada día va ganando más importancia en las industrias, porque ayuda a detectar problemas existentes de una manera rápida, segura y sin tener que interrumpir el funcionamiento normal de un equipo.” (p. 253).

3.3.3 Vibraciones

Las vibraciones se pueden definir como las oscilaciones o movimiento repetitivo de un objeto alrededor de un punto de anclaje o equilibrio, para White (2018), La vibración de un dispositivo es causada por una fuerza de excitación. Esa es la razón por la cual un análisis de vibración puede determinar las fuerzas de excitación actuando en una máquina. Esas

fuerzas dependen del estado de la máquina, y el conocimiento de sus características e interacciones permite de diagnosticar un problema en la misma. Las oscilaciones de las ondas vibratorias de manera simple se podrían estudiar a partir del movimiento armónico simple, sin embargo, esto no es del todo cierto, ya que en los sistemas mecánicos reales existen perturbaciones externas que transforman la vibración provocada de forma armónica a una sucesión de ondas complejas. Es por ello que White estipula:

“Cuando analizamos la vibración de una máquina, que es un sistema mecánico más o menos complejo es útil considerar las fuentes de la energía de vibración y las rutas en la máquina que sigue esta energía. La energía siempre se mueve o fluye de la fuente de la vibración hacia el punto de absorción, donde se transforma en calor. En algunos casos eso puede ser una ruta muy corta, pero en otras situaciones es posible que la energía viaje largas distancias antes de ser absorbida” (2018, p. 27).

3.3.4 Monitoreo de Condición a través de Vibraciones

A partir del fenómeno de vibración se puede realizar distintas técnicas para la recolección, monitoreo y/o análisis de las mismas. A partir de ello se puede determinar el desgaste de una máquina y poder predecir su vida útil sin generar imprevistos en un proceso productivo. El estudio de vibraciones ha dado como conclusión que se generen unos estándares de vibración dependiendo de la función de la máquina rotativa, normalizando así valores adecuados, facilitando el monitoreo y diagnóstico.

3.3.4.1 Transductores de Vibración

Para la captación de vibraciones existen distintos métodos de censo debido a la magnitud física en la cual puede describirse la vibración, a partir de esto, existen dispositivos que convierten estas vibraciones en señales eléctricas manipulables para la medición y monitoreo. Los transductores se dividen en:

- Sensor de Proximidad, sensible al desplazamiento provocado por la vibración.
- Sensor de Velocidad, sensible a la velocidad con la que ocurre la vibración.
- Acelerómetro, sensible a la aceleración que posee la vibración.

3.3.4.2 Ubicación de puntos de prueba

Según White (2018), en general es deseable colocar el transductor de prueba lo más cerca posible del rodamiento; si es posible habrá que seleccionar los lugares de ubicación de tal manera que no haya juntas entre metal y metal, entre el rodamiento y el sensor. Seguidamente la colocación del sensor puede determinar su sensibilidad para la captación de las vibraciones según la condición que lo provoca, de esta manera el sensor puede posicionarse como en la figura a continuación (Ver Figura 5).

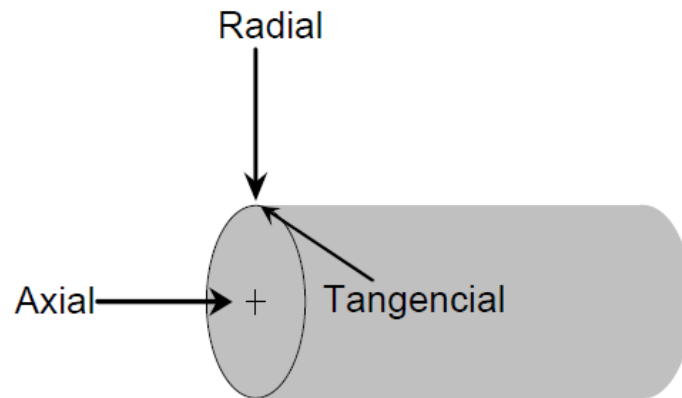


Figura 5. *Alineación de ejes de vibración*

Fuente: Introducción al Análisis de Vibraciones (2021, p.73), AZIMA DLI. <https://termogram.com/images/pdf/analisis-vibraciones/introduccion-al-analisis-de-vibraciones-azima-dli.pdf/>

3.3.4.3 Instrumentos de medida

Luego de la captación de las señales de vibración es necesario el procesamiento de las mismas para su lectura, monitoreo y/o análisis. Como consiguiente podemos subdividir estos métodos de captación de información en:

Medidores periódicos de espectros y valores globales: Estos dispositivos son portátiles y para uso en sitio, en ellos podemos encontrar los vibrómetros y los analizadores de espectro. Estos dispositivos te brindan de forma instantánea los valores RMS de las vibraciones o un análisis espectral de la vibración y sus armónicos.

Monitorización continua: Este método consiste en el uso de sensores de forma fija en las máquinas y por medio de módulos de captación de señales analógicas permite el monitoreo, análisis y hasta la programación de sistemas de protección contra vibraciones por medio del uso de estas señales a través de PLC o la red de control en las plantas industriales. La ventaja de este método con respecto al anterior es su monitoreo en tiempo real.

3.3.4.4 Causas de vibraciones no deseadas

Al monitorear valores de vibración estos están directamente relacionados con la condición de la máquina, por lo tanto, al detectarse valores de vibraciones no deseadas a partir de la ubicación de procedencia puede darse un posible diagnóstico del causante del mismo. Entre las principales causas se encuentran:

Desbalance: Según White, “es un estado donde el centro de rotación de un rotor no corresponde a su centro de masa o, en otras palabras, su centro de gravedad no está ubicado en su eje de rotación. Esto resulta en una fuerza centrífuga, que se aplica en el rodamiento” (2018, p.105). A partir del desgaste de la pieza trae como consecuencia un aumento en las vibraciones, predominando en las emitidas de forma radial.

Desalineación: Es una condición en la cual los ejes de acople entre máquinas no se encuentran orientados en la misma dirección. Para la alineación de máquinas con acople directo o chumaceras las líneas de los ejes de acople deben coincidir entre sí; a su vez si el acople es por medio de correa o cadena, las líneas de los ejes deben ser paralelas entre sí. Esta condición provoca desgaste en los rodamientos de acople aumentando los niveles de vibración de forma predominante en su eje radial y axial.

Desgaste en rodamientos: Los rodamientos son la pieza mayor expuesta a daños dentro de un dispositivo mecánico, White de forma estadística describe las causas del desgaste: "...Hemos encontrado que en la práctica, menos del 10% de todos los rodamientos funcionarán durante su tiempo de vida esperado. Alrededor de 40% de fallas de rodamientos ocurren debido a una lubricación inadecuada, y alrededor de 30% de fallas ocurren debido a un montaje incorrecto, eso quiere decir desalineación. Alrededor del 30% fallan por otras causas como sobrecarga y defectos de manufactura." (2018, p.113).

Tomando en cuenta estos factores y los daños ocasionados por las anteriores causas se puede decir que el desgaste de esta pieza es la principal causa de vibración si a máquinas giratorias se refiere. El movimiento continuo de esta pieza y al ser el principal punto de apoyo de ejes giratorios, condena un desgaste rotundo en su estructura interna por pérdidas de lubricación o bien desgaste en su mecanismo de giro entre las bandas externas e internas, si agregamos los efectos de desgaste ajenos a los provocados por su vida útil obtenemos una pieza que con el pasar del tiempo generará un aumento de vibraciones hasta valores que ya no pueden ser aceptables.

3.4 Bases Legales

3.4.1 ISO 10816: Vibraciones Mecánicas – Evaluación de Vibraciones en Máquinas medidas en superficies no giratorias

La Organización Internacional de Normalización (ISO), a través de la ISO 10816 estipula: "Un documento que establece directrices para la medición y evaluación de vibraciones mecánicas de maquinaria, medida en la superficie no giratoria, partes de máquinas completas y alojamientos de cojinetes." (1995, p. IV).

3.4.1.1 ISO 10816-1: Aspectos Generales

Este apartado toma en cuenta todos los parámetros para la medición correcta y segura de las vibraciones, considerando la zona en la cual se colocará el sensor, las condiciones de trabajo y ambientales en la cual se debe encontrar el dispositivo, la instrumentación requerida para la medición, etc. A partir del cumplimiento de estas consideraciones previas al análisis de la vibración, la norma ISO 10816-1 sectoriza las máquinas en grupos según su potencia y

función, generando los límites operacionales según la velocidad de vibración RMS que presente. Por consiguiente, la norma tabula los valores de operación.

3.4.1.2 ISO 10816-3: Máquinas Industriales con Potencia Nominal superior a 15kW y Velocidades Nominales entre 120rpm y 15.000rpm cuando son medidas en sitio

A partir de los aspectos generales planteados en la ISO 10816-1, en el cual sectoriza las distintas máquinas según su potencia y función, el apartado tres de la norma (ISO 10816-3) estipula una consideración respecto al anclaje de la máquina, Por lo tanto, la norma establece parámetros de limite operacional según su instalación (Rígida o flexible) para máquinas superior a 15kW y velocidades nominales entre 120rpm y 15.000rpm. Es por ello que la ISO plantea en la norma la siguiente tabla. (Ver Tabla 2)

Tabla 2. Tabla de Severidad de Vibración

								v. r.m.s. mm/s	v. r.m.s. inch/s	Velocidad Vibración <small>10 - 1000 Hz n > 600 1/min (2 - 1000 Hz n > 120 1/min)</small>
								11	0.433	
								7.1	0.280	
								4.5	0.177	
								3.5	0.138	
								2.8	0.110	
								2.3	0.091	
								1.4	0.055	
								0.71	0.028	
rigida	flexible	rigida	flexible	rigida	flexible	rigida	flexible	Fundación		
Bombas > 15 kW radial, axial, diagonal				Máquinas medianas 15 kW < P ≤ 300 kW		Máquinas Grandes 300 kW < P < 50 MW		Tipo de Máquina		
Acople directo		Eje intermedio / Poleas.		Motores 160 mm ≤ H < 315 mm		Motores 315 mm ≤ H				
Grupo 4		Grupo 3		Grupo 2		Grupo 1		Grupo		

■ Puesta en operación recientemente.
■ Operación para largo plazo.
■ Operación para corto plazo
■ Vibración causando daños

Fuente: ISO 10816-3: Máquinas Industriales con Potencia Nominal superior a 15kW y Velocidades Nominales entre 120rpm y 15.000rpm cuando son medidas en sitio, Organización Internacional de Normalización (1998).

3.4.2 ISO 14694: Ventiladores Industriales – Especificaciones para la calidad del equilibrio y los niveles de vibración

La Organización Internacional de Normalización (ISO) establece esta norma con la premisa: “La vibración se reconoce como un parámetro importante en la descripción del rendimiento de los ventiladores, da indicación de qué tan bien se ha diseñado y construido el ventilador y puede advertir de posibles fallas operativas.” (2003, p. V). A partir del hecho del uso constante de ventiladores en niveles industriales como acople de motores, existe una relevancia considerable al momento del análisis de vibraciones, esta tiene un impacto directo en las vibraciones de ambos componentes.

Bajo la norma ISO 14694, se establecen parámetros de para considerar los desbalances y las vibraciones ocasionadas por los ventiladores, de manera que se segmentan en dos grupos, de los cuales, los de mayor potencia (mayor a 300kW) están sujetos a la norma 10816 y los restantes están sujetos a parámetros de operación tabulados bajo la presente norma, tomando en cuenta su instalación (Rígida o flexible) y valores RMS máximos de velocidad de vibración para protección.

3.4.3 Sección 342.22 del Código Eléctrico Nacional: Tubo de Metal Intermedio. Tipo IMC. Número de Conductores.

En esta subsección se menciona que, para la instalación de conductores en este tipo de tubería eléctrica, no se excederá de los porcentajes de ocupación, encontrados en el capítulo número nueve del condigo eléctrico nacional, en su primera tabla (ver tabla 3), la cual expresa el máximo porcentaje de área de una tubería que puede ser ocupado por los conductores eléctricos introducidos, en función del número de conductores que piensan ser introducidos en la tubería, independientemente del tipo de conductor e incluso la tubería. De esta forma, es importante tomar en cuenta estas consideraciones en el diseño para que este cumpla con los designios del código eléctrico vigente.

Tabla 3. *Porcentaje de la Sección Transversal de Conductos y Tubería para Conductores.*

Número de Conductores	Todos los Tipos de Conductores
1	53
2	31
Más de 2	40

Fuente: Código Eléctrico Nacional 2009.

3.5 Definición de Términos

Confiabilidad: Es la posibilidad de que un artículo, componente, equipo, máquina o sistema, realice su función determinada dentro de un proyecto, de acuerdo con las condiciones de operación, dentro de un período de tiempo definido. En otras palabras, se espera que el equipo funcione correctamente dentro de una operación determinada por el período esperado.

Eficiencia: Es la capacidad de lograr una función con el mínimo de recursos posibles o en el menor tiempo posible.

Frecuencia Natural: Es la frecuencia de oscilación a la que se mueve un móvil libremente cuando es sacado del reposo por medio de una fuerza de perturbación.

Máquina Rotativa: Son máquinas eléctricas que transforman una corriente eléctrica en un trabajo mecánico rotativo. Esta rotación puede aplicarse a diferentes elementos accesorios para realizar trabajos como compresor, bomba o sistema de transporte, entre otros.

Movimiento Armónico Simple (M.A.S.): Es un movimiento periódico de vaivén en el que un cuerpo oscila de un lado a otro de su posición de equilibrio y en intervalos de tiempo iguales. En el caso de que la trayectoria sea rectilínea, el móvil que realiza un M.A.S. oscila alejándose y acercándose de un punto, situado en el centro de su trayectoria, de tal manera que su posición en función del tiempo con respecto a ese punto es una senoide.

Resonancia: Es el fenómeno de incremento de amplitud que ocurre cuando la frecuencia de una fuerza periódicamente aplicada es igual o cercana a una frecuencia natural del sistema en el cual actúa.

Rodamiento: Es un tipo de cojinete que transmite a un bastidor las cargas procedentes del eje rotatorio que soporta, utilizando elementos rodantes (como bolas o rodillos) confinados entre dos anillos provistos de surcos de rodadura para permitir su giro.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

Palella define al marco metodológico como “una guía procedimental, producto de la reflexión, que provee pautas lógicas generales pertinentes para desarrollar y coordinar operaciones destinadas a la consecución de objetivos intelectuales o materiales del modo más eficaz posible” (2012, p. 79). Es por ello que en el presente capítulo se mostrara todo el contenido referente a la orientación en la que se planteó la investigación, tomando en cuenta el tipo de investigación que se empleó para lograr cumplir los objetivos a partir de un diseño y un nivel, que permitieron caracterizar las distintas etapas en la cual se desarrollaron los procedimientos para la recolección, análisis e interpretación de los datos.

4.1 Tipo de Investigación

A partir de la premisa dada, en la cual se plantea una propuesta de implementación, se proyecta el desarrollo de algo tangible para solucionar una problemática, es por ello que, de forma directa se puede afirmar que es un proyecto factible, para el cual, la UPEL lo define como:

“El proyecto factible consiste en la elaboración de una propuesta de un modelo operativo viable, o una solución posible a un problema de tipo práctico para satisfacer necesidades de una institución o grupo social. Es decir, la finalidad del proyecto factible radica en el diseño de una propuesta de acción dirigida a resolver un problema o necesidad previamente detectada” (2016, p. 21).

En cuanto a la investigación, existe una necesidad para la empresa Negroven de mejorar el mantenimiento, es por ello que, se plantearon las características para las implementaciones de nuevos métodos que de forma directa impacten en la eficiencia del diagnóstico, reparación y mantenimiento dentro del proceso productivo, no solamente por mejorías dentro del departamento, sino en impactos beneficiosos para un ámbito global en la empresa. Por ello, la propuesta planteada en este proyecto está bajo el cumplimiento de las características de un proyecto factible, en la cual se garantiza un modelo operativo viable, con la finalidad de solventar en alguna medida el problema que se ha planteado para la empresa Negroven, S.A.

4.2 Diseño de Investigación

Para la autora Palella (2010), el diseño de investigación se refiere a la estrategia que adopta el investigador para responder al problema, dificultad o inconveniente planteado en el estudio. Teniendo en cuenta la orientación que lleva la propuesta, se concluye que posee un diseño de investigación de campo, ya que se recolectaron datos directamente de la realidad

sin afectar las variables de estudio. Según Palella, la investigación de campo “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variables” (2012, p.88). Es importante añadir que, debido a la naturaleza del proyecto, se usó como complemento una investigación documental, que para Palella (2012), se concentra exclusivamente en la recopilación de información en diversas fuentes e indaga sobre un tema en documentos.

4.3 Nivel de Investigación

Según Palella (2012), el propósito del nivel es el de interpretar realidades de hecho, incluye descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o proceso de los fenómenos. Entre los diferentes niveles de investigación que se pueden emplear, se tiene el nivel descriptivo, el cual hace énfasis sobre conclusiones dominantes o sobre como una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente.

Es por ello que, el proyecto de investigación presentado es de carácter descriptivo, ya que se evaluó el funcionamiento actual del mantenimiento dentro de la planta Negroven S.A. y por medio de la determinación de métodos que permitan la evolución del mantenimiento, a partir de la captación de variables que faciliten el diagnóstico de problemas, se pudo diseñar una propuesta de un sistema que monitoree los parámetros estudiados.

4.4 Población y Muestra

Para los proyectos de investigación es importante la determinación de la población y la muestra que permiten realizar el proceso de indagación y recolección de información, ya que a partir de ello se puede percibir el nivel de impacto que ocasiona el proyecto, asimismo, es importante aclarar que la ausencia de este proceso puede conducir a que el estudio carezca de un enfoque claro, de donde se obtiene la información relevante. La población está definida por la autora Palella como: “El conjunto de unidades de las que se desea obtener información y sobre las que se van a generar conclusiones. La población puede ser definida como el conjunto finito o infinito de elementos, personas o cosas pertinentes a una investigación y que generalmente suele ser inaccesible”. (2012, p. 115).

La propuesta de diseño planteada tiene como población a todas las máquinas rotativas pertenecientes a los edificios de proceso U1 y U2 de la empresa Negroven, S.A. tomando en cuenta que son el objeto de estudio al cual hace énfasis la propuesta. La muestra la define Arias como: “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (2012, p. 83). La muestra seleccionada para la investigación es de carácter de muestra censal, y es establecida por Ramírez (2012) como “la muestra censal es aquella donde todas las unidades de investigación son consideradas como muestra”. A partir de ello, se considera que

la muestra toma todos los elementos de la población. Así pues, se escogieron las maquinas rotativas de los edificios de proceso U1 y U2 de la empresa Negroven como muestra de estudio para la elaboración de la propuesta.

4.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.

Las técnicas de recolección de datos tal como las describe Arias: “Se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (2012, p. 67). Es por ello que se seleccionaron técnicas las cuales son consideradas las más adecuadas para la recolección efectiva de información, pertinente para la solución del problema.

Según Arias (2012), la entrevista se define como “una técnica basada en un diálogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida”. En función de esto, se escogió la entrevista como técnica debido a que la recolección de información a partir de los trabajadores que cumplen con el mantenimiento de la planta fue directa. Asimismo, el objetivo principal del uso de esta técnica fue el aprovechamiento de la muestra, tomando en cuenta que la propuesta es de impacto directo en la metodología de diagnóstico de fallas y mantenimiento.

Por otra parte, otra de las técnicas empleadas para la recolección de datos fue la revisión documental, la cual está definida por Hurtado (2000) como: “Un proceso mediante el cual un investigador recopila, revisa, analiza, selecciona y extrae información de diversas fuentes acerca de un tema en particular, con el propósito de llegar al conocimiento y comprensión más profundos del mismo”. A partir de lo estipulado, se utilizó esta técnica de indagación con respecto al uso de normativas, manuales y todo tipo de documentación suministrada por la empresa Negroven, S.A. para generar un análisis en retrospectiva de los datos previamente documentados.

Como última técnica de recolección de datos está la observación directa. Según Palella (2006), consiste en estar a la expectativa frente al fenómeno del cual se toma y se registra información para su posterior análisis. A partir de esto, se consideró que se debía aplicar una observación científica directa de tal forma que se entiendan los fenómenos que están sucediendo previo a la observación, permitiendo así que se recolectaran datos en sitio, importantes para el análisis de la propuesta.

Por otra parte, los instrumentos de recolección de datos son definidos por Arias (2012), como los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. A partir de ello, se utilizaron distintos instrumentos para apoyar a las técnicas anteriormente

planteadas, y así poder recolectar la mayor cantidad de información valiosa. Como instrumento para llevar a cabo la entrevista se empleó el guion de entrevista estructurada (Ver apéndice A) que para la autora Palella, un guion de entrevista estructurada es aquel “que, desde un punto de vista general, es una forma específica de interacción social. El investigador se sitúa frente al investigado y le formula las preguntas que ha incluido en el guion previamente elaborado. A partir de las respuestas, surgirán otros datos de interés” (2006, p. 140).

Para la observación se empleó el registro anecdótico como instrumento para la captación de datos, según Palella (2006), permiten recoger hechos incidentales de manera objetiva y es útil anexarles un comentario del observador. En vista de que el uso de esta técnica seleccionada implica la presentación en sitio y observación, es de suma importancia poder registrar de forma anecdótica detalles que podrían no pertenecer a datos previamente estudiados, para así generar una complementación en la recolección de los mismos.

4.6 Validación del Instrumento

Según Palella, la validación de un instrumento está definida “como la ausencia de sesgos. Representa la relación entre lo que se mide y aquello que realmente se quiere medir.” (2012, p.172). Para garantizar la validez del instrumento se aplicó como el juicio de un experto, por lo cual se seleccionaron tres de los mismos, para validar las preguntas propuestas en el guion de la entrevista estructurada (Ver apéndice B).

4.7 Técnicas y Herramientas de Análisis de Datos.

Luego de la captación de la mayor cantidad de información relevante, existe la necesidad de interpretar los datos de forma correcta para poder cumplir con los objetivos planteados. Según Palella:

“La interpretación de los datos recolectados trata de dar sentido, ofrecer una explicación a los logros obtenidos, teniendo en cuenta el marco teórico y los objetivos fijados. En este apartado el autor, con su experiencia y conocimientos, analiza los hallazgos y los compara con los datos de otros autores, si es posible” (2006, p. 197).

A partir de los resultados acumulados en la etapa de recolección, para la propuesta es necesario plasmar en medios visuales de forma concisa lo recolectado. Es por ello, que se emplearon tablas de recopilación de datos, las cuales permitieron tener de forma ordenada y resumida lo recolectado a través de la observación directa, por otra parte, se empleó el uso del análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), que a partir de los datos recolectados, se estudiaron las distintas ventajas y desventajas en las que comprende las alternativas de la propuesta, materializando este análisis en una matriz FODA para poder interpretar los datos y estudiar la factibilidad de cada una.

4.8. Fases Metodológicas

En este segmento se establecerán las fases en las cuales se desarrolló la propuesta para el óptimo cumplimiento de la solución a la problemática planteada, a continuación, las fases:

Fase I: Diagnóstico de las condiciones operativas de las máquinas rotativas ubicadas en cada edificio de proceso en la planta de Negroven, S.A.

En esta etapa por medio de la aplicación de las técnicas e instrumentos de recolección de datos, se llevó a cabo una toma de información sobre las máquinas rotativas que pertenecen a cada edificio de proceso, tomando en cuenta sus especificaciones tal como velocidad, potencia, ubicación, acople, etc. La finalidad de esta fase es la delimitación de las máquinas que se estudiaron, con el motivo de poder agrupar cada una respecto a los estándares de vibración esperados a partir las normativas en las que se fundamenta el proyecto.

Fase II: Determinación de la instrumentación necesaria para el monitoreo, evaluación y control de las vibraciones producidas por las máquinas rotativas.

Finalizada la primera etapa y obteniendo los estándares de vibración de las máquinas, se procede a la selección de la instrumentación que permita captar las vibraciones, transmitir las, monitorearlas y controlarlas. En esta fase, se seleccionaron los dispositivos que cumplan de forma efectiva lo considerado, en el caso de los transductores se consideraron el rango de operación, su forma de conexión y transmisión de su señal; seguidamente se seleccionó el equipo en el cual arribarán las señales y generará la conexión con el sistema de control de la planta de Negroven, tomando en cuenta los beneficios que trae la selección de algún dispositivo en particular.

Fase III: Diseño de un sistema para el monitoreo de las vibraciones pertenecientes a las máquinas rotativas de los edificios de proceso U1 y U2 de Negroven, S.A.

Seguidamente en el proyecto se procede al diseño de todo el material necesario para permitir la efectiva instalación en sitio, monitoreo y control del sistema de vibraciones. Esta fase se segmenta, una primera etapa en la que consiste de diseño de planos de instalación eléctrica, diseño de tablero, ubicación de transductores y un listado de materiales necesarios para llevar a cabo la instalación. Como segunda etapa se tiene el diseño del programa PLC en el cual se parametrizó la lectura de las señales y se estableció las condiciones de alarma y parada bajo los estándares de la norma ISO que corresponden, según la máquina.

Fase IV: Estudio de la factibilidad económica, técnica y operativa de la propuesta.

La última fase del proyecto se basa en realizar un análisis en retrospectiva sobre todo lo planteado en la propuesta, por lo cual se estudió la factibilidad que posee el proyecto en distintos ámbitos. En el ámbito económico, a partir de la selección de los materiales necesarios para la implementación y los beneficios que conllevan. A su vez, se presentó un presupuesto que sea factible para el interés de la propuesta. En el ámbito técnico y operativo se determinaron los beneficios que la propuesta entregaría al departamento de mantenimiento de Negroven, justificando si la implementación se considera factible.

4.9. Confiabilidad de la investigación

Según Palella (2012) la confiabilidad es la ausencia de error aleatorio en un instrumento de recolección de datos. Tomando en cuenta esto se puede decir que, debido a los instrumentos de recolección de datos seleccionados para llevar a cabo este proyecto, se puede decir que existe una alta confiabilidad en los datos que se recolectarán.

A partir de la revisión documental se evaluaron documentos oficiales, de revisión constante dentro de la empresa Negroven S.A. lo cual asegura a la propuesta que es un material confiable y aprobado por la empresa; con respecto a las entrevistas se podría considerar que es el instrumento con la menor cantidad de confiabilidad debido a que al ser una entrevista no estructurada y sin un guion preestablecido, dejando al entrevistado expresarse libremente, no existe una forma de cuantificar o comparar de manera certera con otras partes de la muestra entrevistada. Por último, los instrumentos a partir de la observación tienen una alta confiabilidad por el hecho de ser de manera directa, por lo cual se recolectan datos en sitio y de vista propia por el autor, asegurando que la información observada es la considerada la correcta y confiable por observación propia.

4.10. Cuadro de Operacionalización de Variables

Cuadro 1. Cuadro de Operacionalización de variables

OBJETIVO ESPECÍFICO 1	VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADORES	ÍTEMS*
Diagnosticar las condiciones operativas de las máquinas rotativas ubicadas en cada edificio de proceso en la planta de Negroven, S.A.	Descripción física de la máquina	Son todas las características físicas que comprenden a la máquina	Tipo de Máquina	1
			Montaje	2
			Acople	
			Dimensiones del motor	2 y 3
			Alimentación	
	Capacidad del Motor			
	Control del funcionamiento de la máquina	Son todas las características que controlan el funcionamiento de la máquina	Protecciones ante fallas	4
Protocolo de transmisión de señales de control			5	

Fuente: Ojeda (2023)

Nota: *Ver Apéndice A

CAPÍTULO V

RESULTADOS

6.1 Fase I: Diagnóstico de las condiciones operativas de las máquinas rotativas ubicadas en cada edificio de proceso en la planta de Negroven, S.A.

Para la recolección de información relacionada a las condiciones de las máquinas se realizó una entrevista dirigida al jefe de mantenimiento eléctrico e instrumentación y al supervisor de campo del mismo departamento, con el fin de obtener la mayor cantidad de información que después fue reafirmada por la observación directa en las instalaciones de la planta de Negroven. Los datos resultantes de las entrevistas (Ver Apéndice C) se consolidaron en tablas de recolección de datos para su mejor entendimiento, permitiendo relacionar la información obtenida en ambas partes entrevistadas. Tomando como variable de estudio la descripción física de la máquina (Ver Cuadro 1) los resultados obtenidos en las entrevistas arrojan lo siguiente (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Descripción física de las máquinas rotativas

	Máquina Rotativa	Características de la máquina		
		Montaje	Acople del motor	Potencia de Motor Eléctrico [Hp]
Edificio de proceso Unidad 1 (U1)	Micromolino #1	Flexible	Directo	75
	Micromolino #2	Flexible	Directo	75
	Peletizador #1	Flexible	Correas	100
	Peletizador #2	Flexible	Correas	100
	Ventilador de Represión SMUF	Flexible	Directo	200
	Ventilador Filtro de Proceso	Flexible	Correas	60
	Ventilador de Transporte	Flexible	Correas	75
	Ventilador Filtro de Purga	Flexible	Correas	75
	Ventilador Reproceso (OQ)	Flexible	Correas	50
	Extractor de Gases del secador	Flexible	Correas	50
	Agitador del tanque de NH	Flexible	Directo	5
	Secador	Rígido	Directo	50
	Edificio de proceso Unidad 2 (U2)	Micromolino #1	Flexible	Directo
Micromolino #2		Flexible	Directo	75
Peletizador #1		Flexible	Correas	100
Peletizador #2		Flexible	Correas	100
Ventilador de Represión SMUF		Flexible	Directo	200
Ventilador Filtro de Proceso		Flexible	Correas	60
Ventilador de Transporte		Flexible	Correas	75
Ventilador Filtro de Purga		Flexible	Correas	75
Ventilador Reproceso (OQ)		Flexible	Correas	50
Extractor de Gases del secador		Flexible	Correas	50
Agitador del tanque de NH		Flexible	Directo	5
Secador		Rígido	Directo	50

Fuente: Ojeda (2023).

La elaboración de la entrevista permitió cuantificar la cantidad de máquinas rotativas que se están estudiando en el presente trabajo dando como resultado doce de las mismas por

unidad, todas ellas funcionando a partir de un motor eléctrico el cual permite el movimiento rotativo de la máquina. Adicionalmente a lo respondido por los entrevistados, uno de ellos (jefe de mantenimiento eléctrico e instrumentación) suministró al autor un material documental con información sobre las características de los motores eléctricos de cada máquina, permitiendo complementar la información obtenida por medio de la entrevista referente a las preguntas 2 y 3 (Ver Apéndice A). Por medio de la revisión documental de la información suministrada se pudo levantar la siguiente tabla. (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Características de los motores de las máquinas rotativas de los edificios de proceso

	Código del Motor	Descripción /Ubicación	Capacidad (Hp)	Velocidad (rpm)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Frame
Edificio de proceso Unidad 1 (U1)	MZ00140	Micromolino #1	75	3555	230/460	161/80,7	365TS
	MZ00139	Micromolino #2	75	3555	460	80,7	365TS
	MZ00117	Peletizador #1	100	1785	460	111	405TS
	MZ00125	Peletizador #2	100	1785	460	111	405TS
	MZ00115	Ventilador de Represión SMUF	200	3575	460	222	445TS
	MZ00144	Ventilador Filtro de Proceso	60	1770	460	78	364T
	MY00138	Ventilador Transporte	75	1780	480	86	365T
	MZ00120	Ventilador Filtro de Purga	75	1775	230/460	205/103	2505MA
	MY00106	Ventilador Reproceso (OQ)	50	3500	230/460	116/67,9	200
	MY00126	Extractor de Gases del secador	50	1765	230/460	123/61	326T
	MX00133	Agitador del tanque de NH	5	1750	230/460	12,2/6,1	L184T
	MZ00119	Secador	50	1750	230/460	123/61	326T
Edificio de proceso Unidad 2 (U2)	MZ00138	Micromolino #1	75	3550	230/460	161/85,8	365TS
	MZ00100	Micromolino #2	75	3550	230/460	161/85,8	365TS
	MZ00126	Peletizador #1	100	1785	230/460	222/111	405TS
	MZ00133	Peletizador #2	100	1785	230/460	222/111	405TS
	MZ00121	Ventilador de Represión SMUF	200	2375	460	222	445TS
	MZ00123	Ventilador Filtro de Proceso	60	1770	460	78	364T
	MZ00122	Ventilador Transporte	75	1780	480	86	565T
	MZ00127	Ventilador Filtro de Purga	75	1780	230/460	87,5	365T
	MY00140	Ventilador Reproceso (OQ)	50	3560	230/460	116/67,9	200
	MY00136	Extractor de Gases del secador	50	1770	230/460	123/61	326T
	MX00101	Agitador del tanque de NH	5	1750	230/460	12,2/6,1	184T
	MY00125	Secador	50	1180	230/460	123/61	326T

Fuente: Ojeda (2023).

A partir de estos resultados podemos obtener las características de los motores, permitiendo consolidar la información necesaria sobre la descripción física de las máquinas de cada edificio de proceso. Adicionalmente como segunda variable de estudio en el diagnóstico de las condiciones operativas de las máquinas, se hizo énfasis en el control del funcionamiento de las mismas (Ver Cuadro 1), es por ello que en las entrevistas realizadas se designaron dos preguntas (4 y 5, Ver Apéndice A) para la obtención de dicha información, resultando que las protecciones ante fallas mecánicas que no están directamente relacionadas con una variable eléctrica no son controladas, obteniendo así un retardo en el diagnóstico de alguna avería, además, el sistema de control de planta está dominado por un DCS el cual por medio de instrucciones comandan señales de control hacia los PLC, los cuales existe uno por cada unidad, de la marca Allen Bradley y en los cuales cada uno de ellos es encargado de su respectiva unidad. Así mismo, las señales de entrada y salida no en su totalidad llegan directamente hacia el PLC ya que por medio de redes ControlNET, ProfitBus, etc. Se comunica gran parte de las señales de control, disminuyendo así el cableado existente aprovechando los protocolos de comunicación de cada unidad.

Finalizado el diagnostico de las condiciones operativas de las máquinas y como culminación de la presente fase, a partir de las características de las mismas se agrupan de acuerdo a sus estándares de vibraciones basados en las normas ISO 10816 e ISO 14694 resultando en cuestión las siguientes tablas (Ver Tabla 6 y 7) que sirven como punto de sustento para las fases posteriores.

Tabla 6. Estándar de vibración para ventiladores basado en la norma ISO 14694

Estándar de vibración para ventiladores basado en la norma ISO 14694				
Unidad	Ventilador	Magnitud de vibración limite (mm/s)		
		Arranque	Posible daño	Daño severo
U1	Ventilador de Represión SMUF	6.3	11.8	12.5
	Ventilador Filtro de Proceso			
	Ventilador Transporte			
	Ventilador Filtro de Purga			
	Ventilador Reproceso (OQ)			
	Extractor de Gases del secador			
U2	Ventilador de Represión SMUF	6.3	11.8	12.5
	Ventilador Filtro de Proceso			
	Ventilador Transporte			
	Ventilador Filtro de Purga			
	Ventilador Reproceso (OQ)			
	Extractor de Gases del secador			

Fuente: Ojeda (2023).

Tabla 7. Estándar de vibración para máquinas rotativas basado en la norma ISO 10816

Estándar de vibración para las máquinas rotativas basado en la norma ISO 10816				
Unidad	Máquina	Magnitud de vibración limite (mm/s)		
		Aceptable ($V \leq Va$)	Posible daño ($Va < V < Vd$)	Daño severo ($Vd \leq V$)
U1	Micromolino #1	4.5	4.5 - 7.1	7.1
	Micromolino #2			
	Peletizador #1			
	Peletizador #2			
	Agitador del tanque de NH			
	Secador			
U2	Micromolino #1	4.5	4.5 - 7.1	7.1
	Micromolino #2			
	Peletizador #1			
	Peletizador #2			
	Agitador del tanque de NH			
	Secador			

Fuente: Ojeda (2023).

Agrupadas las máquinas se puede concluir de esta fase que a pesar de tener funcionalidades distintas cada una de ellas, tienen rangos de operación similares, por consiguiente bajo su respectiva norma y a pesar de tener potencias distintas, en el caso de los ventiladores están caracterizados por el mismo rango de operación, esto debido a las agrupaciones dadas por la norma ISO 14694 a partir de ensayos que determinaron el rango adecuado de vibraciones para ciertas potencias en máquinas de tipo ventilador. Por otra parte, las máquinas restantes su rango de operación está determinado por las características físicas propias del motor asociado a la máquina, tomando en cuenta que este es el principal productor de vibraciones del conjunto entero. Es por ello que la norma ISO 10816 estipula un rango según la distancia que se encuentra del rotor al punto de fijación, dando énfasis en la importancia de las dimensiones del motor a las vibraciones producidas.

Adicionalmente, como parte del diagnóstico de las condiciones operativas de las máquinas, se indagó en la frecuencia de fallas de cada una, haciéndose notar que las fallas de las máquinas son reducidas, esto debido a la cantidad de inversión de recursos en un mantenimiento preventivo basado en el overhaul, por lo cual, a partir de una parada (planificada o no) se lleva a cabo el reemplazo de piezas que son comúnmente deteriorables en la mayoría de las máquinas del edificio, generando así el gasto de recursos (económicos, humanos, etc.) que pudiesen no ser necesarios. Por lo cual, permite demostrar la necesidad de una nueva alternativa que permita un mantenimiento más eficaz, generando así un sustento de validez a la propuesta planteada para el monitoreo de condición de las máquinas.

6.2 Fase II: Determinación de la instrumentación necesaria para el monitoreo, evaluación y control de las vibraciones producidas por las máquinas rotativas.

En la presente etapa se plasman todas las características a cumplir con respecto a los equipos necesarios para llevar a cabo la propuesta, todo esto obtenido a partir de la revisión documental y en apoyo con la observación directa para que los objetivos de esta fase se cumplieran de manera precisa.

6.2.1 Transductor de vibración

Teniendo en cuenta el comportamiento de las vibraciones en cada una de las máquinas, es posible determinar la instrumentación necesaria para monitorearlas, por ello, en primeras instancias de la presente fase se determinó los transductores más adecuados a los rangos de operación. A partir de la existencia de distintos transductores de vibración, bien sea acelerómetros, sensores de velocidad y sensores de proximidad, se puede decir que existe una versatilidad en la escogencia del transductor correspondiente, ahora bien, basado en los dispositivos comerciales y estándares manejados por los fabricantes a nivel mundial, se seleccionaron los dispositivos más convenientes para la propuesta. (Ver Tabla 8)

Tabla 8. Rangos de operación de transductores de vibración según su tipo y estándares comerciales.

	Acelerómetro	Sensor de Velocidad
Ventiladores (Ver Tabla 5)	100 mV/g ±80g	(0-20) mm/s
Máquinas Rotativas restantes (Ver Tabla 6)		(0 - 10) mm/s

Fuente: Ojeda (2023).

Basados en la tabla anteriormente planteada y tomando en cuenta que los sensores de velocidad son más versátiles para el monitoreo de las vibraciones debido a que arrojan una proporción del valor de la vibración en una señal estándar de control (4-20mA), se realizó la escogencia de los mismos como los transductores que mejor se adaptan a la propuesta planteada. Adicionalmente, para garantizar que los sensores tengan la mayor efectividad en su medición a partir de cualquier tipo de falla mecánica, estos deben estar orientados de forma radial al eje del cual se está tomando como zona de medición. Permitiendo así una medición más confiable a partir de las primeras vibraciones que son detectadas como anomalía, y son caracterizadas por un inicio en forma radial.

6.2.3 Comunicación con sistema de control de la planta de Negroven, S.A.

Tomando como referencia que la señal de vibración ya es proporcional a una señal de control (4-20mA), para la propuesta, a partir de los resultados obtenidos en la entrevista (Ver Apéndice C) y por medio de la observación directa se apreció la facilidad dentro del edificio de proceso de acoplarse a la red ControlNet de cada unidad, permitiendo que este protocolo de comunicación sea el más factible para la propuesta. Seguidamente, por medio de la revisión documental del catálogo Allen Bradley se seleccionaron dispositivos que permitieran tanto la comunicación remota con el PLC como la capacidad de recibir señales analógicas como entrada. Es por ello que para la propuesta es necesario:

- Módulos Flex I/O:
 - Módulo de comunicación ControlNet
 - Módulo de entradas analógicas

A partir de la versatilidad de los módulos de Flex I/O es posible la conexión con el sistema de control ya establecido sin la necesidad de una implementación a nivel de cableado directo a PLC de mayor escala. El objetivo marcado en la presente fase está concluido con la determinación de la instrumentación necesaria para llevar a cabo la propuesta, tomando en cuenta los estándares de fabricantes, los dispositivos más comunes orientados al monitoreo de condición y las últimas tecnologías en control industrial.

6.3 Fase III: Diseño de un sistema para el monitoreo de las vibraciones pertenecientes a las máquinas rotativas de los edificios de proceso U1 y U2 de Negroven, S.A.

En la presente fase estará comprendida toda la información necesaria para llevar a cabo la propuesta. Tomando los criterios determinados en la fase anterior a continuación se muestra toda la información necesaria para la elaboración de la propuesta. A partir de la escogencia de los dispositivos en el mercado industrial y considerando sus especificaciones técnicas adicionales a las necesarias planteadas en la fase anterior.

6.3.1 Transductor de vibración

Tomando como punto de partida la marca utilizada para el censado de vibraciones de otras máquinas dentro de la empresa, se pudo delimitar la investigación del transductor escogido para la propuesta, sin embargo, la marca Hansford Sensors dispone de múltiples alternativas de monitoreo lo cual generó múltiples variantes en las cuales podía someterse la propuesta, para ello el autor hizo escogencia de las 3 mejores alternativas para el censado de las vibraciones y se analizaron sus características a través de una matriz FODA para poder escoger la mejor alternativa para la propuesta. Por lo cual, las alternativas fueron las siguientes:

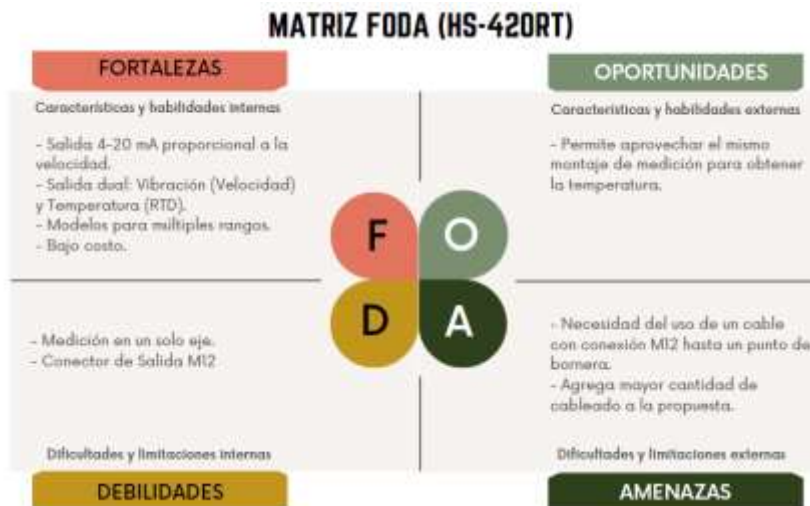


Figura 6. Matriz FODA correspondiente al HS-420RT
Fuente: Ojeda (2023).



Figura 7. Matriz FODA correspondiente al HS-420
Fuente: Ojeda (2023).



Figura 8. Matriz FODA correspondiente al HS-473
Fuente: Ojeda (2023).

Luego de que se obtuvieron las características de cada uno de los transductores que se podían emplear para el diseño, de estas alternativas se realizó el proceso de selección del transductor más conveniente, aquel se ajustara mejor a la propuesta, escogiendo como tal el HS-420RT, que, a pesar de poseer ciertas amenazas en el desarrollo de la propuesta, posee un mayor espectro añadido en la calidad de la propuesta.

- Acelerómetro HS-420RT
 - ✓ Marca: Hansford Sensors
 - ✓ Modelo: HS-420-RT-010-54-02
 - ✓ Rango: 0-10 mm/s
 - ✓ Salida: Conector M12 de 4 puntas
 - Vibración: 4-20mA proporcionales a la vibración
 - Temperatura: PT100
 - ✓ Rosca de montaje: 1/4-28" UNF Macho
- Acelerómetro HS-420RT
 - ✓ Marca: Hansford Sensors
 - ✓ Modelo: HS-420-RT-020-54-02
 - ✓ Rango: 0-20 mm/s
 - ✓ Salida: Conector M12 de 4 puntas
 - Vibración: 4-20mA proporcionales a la vibración
 - Temperatura: PT100
 - ✓ Rosca de montaje: 1/4-28" UNF Macho

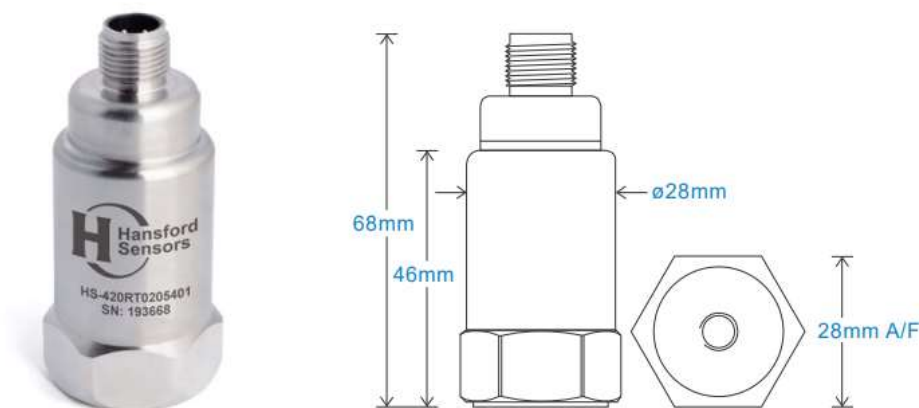


Figura 9. Acelerómetro HS-420RT

Fuente: Acelerómetro Triaxial Premium HS-183 (2022), Hansford Sensors, <https://hansfordsensors.com/wp-content/uploads/datasheets/TS114.9.pdf>, Londres, Reino Unido.

Tomando en cuenta que existen dos rangos de velocidades de vibración dispuestos en la propuesta (Ver Tabla 8) se hizo la escogencia del mismo acelerómetro en sus distintas presentaciones modelo (Para 0-10mm/s y 0-20mm/s). Además, en la escogencia del dispositivo más adecuado se hizo la particular selección de sensores con salida dual (vibración y temperatura), esto permitiendo que adicionalmente de censar las vibraciones y cumplir con lo planteado en la propuesta abra una nueva alternativa de mantenimiento basado en condición a partir de la misma instalación de la presente propuesta. Por ello, a partir de esta selección se consideró pertinente el llevar a cabo la conexión de las señales de temperatura al sistema de control, permitiendo así un panorama más completo de las condiciones de la máquina, el aprovechamiento del sistema de monitoreo de vibraciones planteado para expandir alternativas de mantenimiento basado en condición y agregar valor añadido a la propuesta planteada aunque para ello amerite escalar en dimensiones la alternativa planteada para la comunicación con el sistema de control de la planta.

6.3.1.1 Montaje del transductor

Con el fin de garantizar que la medición de los transductores sea lo más confiable posible, se seleccionó el montaje roscado (ver Figura 10) en el punto de medición, obteniendo así la menor desviación posible del valor real, reduciendo posibilidades de desprendimiento causados por la misma vibración, y así asegurar el mejor diseño para la propuesta planteada respecto a la medición.

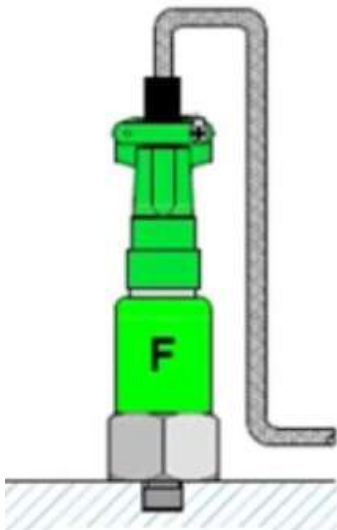


Figura 10. *Montaje roscado*

Fuente: Montaje roscado (2020), Hansford Sensor, Londres, Reino Unido

6.3.1.2 Puntos de Medición

En otro orden de ideas, considerando que el principal generador de vibraciones de las máquinas rotativas para el caso de estudio, son los motores eléctricos que se encuentran en el

área de procesos, se estableció que los puntos de medición sean aledaños a los mismos, por lo cual, se orientaron dichos puntos a zonas cercanas a los rodamientos tanto del motor como de su acople, ya que los puntos de medición dependen también del tipo de acople que presente la máquina rotativa a evaluar (Ver tabla 3). Asimismo, se muestra a continuación la cantidad de puntos de medición seleccionados por máquina rotativa, además de, la ubicación correspondiente de estos puntos de medición según su tipo de acople. (Ver Tabla 9 y Figura 11 y 12).

Tabla 9. Cantidad de puntos de medición por máquina.

Máquinas Rotativas	Puntos de Medición
Micromolino #1	4
Micromolino #2	4
Peletizador #1	4
Peletizador #2	4
Ventilador de Represión SMUF	4
Ventilador Filtro de Proceso	4
Ventilador de Transporte	4
Ventilador Filtro de Purga	4
Ventilador Reproceso (OQ)	4
Extractor de Gases del secador	4
Agitador del tanque de NH	4
Secador	3

Fuente: Ojeda (2023).

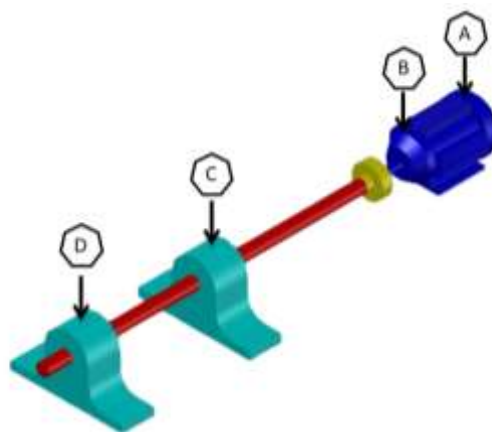


Figura 11. Punto de Medición para Máquinas con motor de acople directo

Fuente: Ojeda (2023)

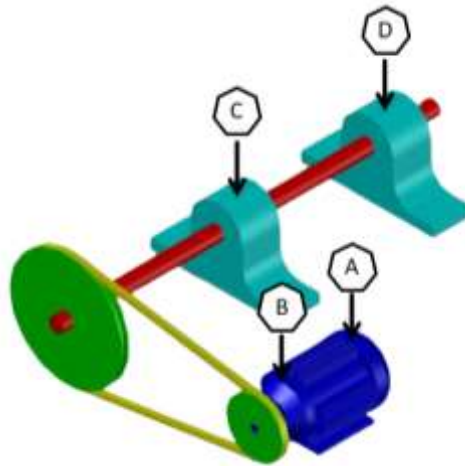


Figura 12. *Puntos de Medición para Máquinas con motor de acople de correas*
Fuente: Ojeda (2023)

6.3.3 Módulos FLEX I/O

Como fue estipulado en la fase anterior, se escogieron los módulos de FLEX I/O para establecer la comunicación con el sistema de control de la planta por lo cual, los módulos escogidos para llevar a cabo la propuesta son los siguientes:

- Módulo FLEX I/O de comunicación ControlNet redundante
 - ✓ Marca: Allen Bradley
 - ✓ Modelo: 1794-ACNR15
 - ✓ Alimentación: 24V DC
 - ✓ 2 conexiones BNC para red ControlNet



Figura 13. *Módulo de comunicación ControlNet redundante*
Fuente: Módulo de comunicación ControlNet redundante (2021), Allen Bradley,
<https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1794-ACNR15.html>, USA.

- Módulo FLEX I/O de 12 entradas analógicas seleccionables
 - ✓ Marca: Allen Bradley
 - ✓ Modelo: 1794-IE12
 - ✓ Alimentación: 24V DC

- ✓ 12 Entradas analógicas seleccionables



Figura 14. Módulo FLEX I/O de 12 entradas analógicas seleccionables
Fuente: Módulo FLEX I/O de 12 entradas analógicas seleccionables (2021), Allen Bradley,
<https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/details.1794-IE12.html>, USA

- Unidad base terminal
 - ✓ Marca: Allen Bradley
 - ✓ Modelo: 1794-TB3GS
 - ✓ Terminales de abrazadera resorte conectada a tierra



Figura 15. Unidad Base Terminal 1794-TB3GS
Fuente: Unidad base terminal (2021), Allen Bradley,
<https://configurator.rockwellautomation.com/configurator/summary>, USA

Tomando en cuenta que adicionalmente a las conexiones de las señales de vibración se consideró la conexión de las señales de temperatura, fue necesaria la escogencia de módulos para la entrada de señales de RTD (considerando que el sensor de temperatura en el acelerómetro es PT100), por ello, se escogió lo siguiente:

- Modulo FLEX I/O de 8 entradas RTD
 - ✓ Marca: Allen Bradley
 - ✓ Modelo: 1794-IR8
 - ✓ Alimentación: 24VDC

- ✓ 8 entradas para RTD



Figura 16. *Modulo FLEX I/O de 8 entradas RTD*

Fuente: Modulo FLEX I/O de 8 entradas RTD (2016), Allen Bradley,
<https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/details.1794-IR8.html>, USA.

- Unidad base de terminal
 - ✓ Marca: Allen Bradley
 - ✓ Modelo: 1794-TB3
 - ✓ Terminal de abrazadera de jaula



Figura 17. *Unidad Base Terminal 1794-TB3*

Fuente: Unidad base terminal (2021), Allen Bradley,
<https://configurator.rockwellautomation.com/configurator/summary>, USA

Es importante destacar que a partir de que fue escogido un transductor dual se ha tomado en cuenta la escogencia adicional de módulos para la captación de señales de temperatura, siendo así aprovechable las fortalezas del sensor que fue escogido y garantizando que se aproveche al máximo.

6.3.3.1 Fuente de alimentación

Tomando en consideración que todos los módulos mencionados en la propuesta necesitan una alimentación de 24V DC, es de importancia módulos de alimentación que permitan suministrar el voltaje establecido, es por ello, que se seleccionó la siguiente fuente para la alimentación correspondiente de los módulos.

- Fuente de poder 24Vdc, 1.3A
 - ✓ Marca: Allen Bradley
 - ✓ Modelo: 1794-PS13
 - ✓ Voltaje de entrada: 120/230VAC
 - ✓ Voltaje de salida: 24V DC
 - ✓ Corriente máxima: 1.3A
 - ✓ Potencia máxima: 31.2W



Figura 18. Fuente de poder 24VDC, 1.3A

Fuente: Fuente de poder 24VDC, 1.3A, Allen Bradley, <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/details.1794-PS13.html>, USA.

6.3.4 Montaje de sistema de monitoreo

Luego se ser escogidos los artefactos necesarios para poder llevar a cabo la propuesta se procedió a realizar el estudio de la distribución espacial de las máquinas dentro de los edificios de proceso. Por medio de la observación directa dentro de la planta se determinó la necesidad de segmentar cada edificio en tres grandes grupos, la zona alta, media y baja. El motivo de esto fue para obtener nodos auxiliares entre el tablero que estará designado para los módulos Flex I/O y todas las máquinas, esto generando un beneficio en la reducción de las canalizaciones necesarias para poder transportar todas las señales hasta el punto de lectura. A partir de lo anterior, se segmenta cada edificio de la siguiente manera. (Ver Figura 19).

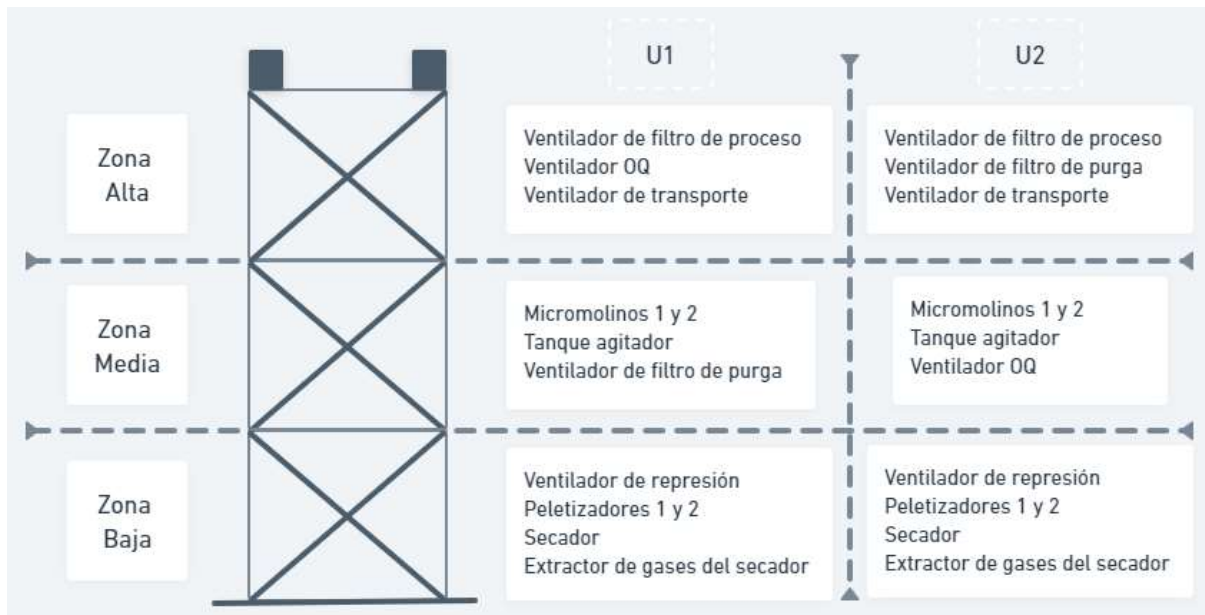


Figura 19. Distribución de zonas de los edificios de proceso.

Fuente: Ojeda (2023).

Tomando en cuenta esta separación planteada, se escogió el uso de tres tableros para hacer su función de nodos, los cuales se denominaron Tablero Auxiliar 1 para la zona baja, Tablero Auxiliar 2 para la zona alta y Tablero auxiliar 3 para la zona media, esto para cada unidad. A partir de ello se procedió a la medición de las distancias entre las máquinas y dichos tableros auxiliares y de los nodos hasta el tablero Flex I/O correspondiente que será situado en la zona media de cada edificio. Es importante destacar que las máquinas al tener en su mayoría 4 puntos de medición esto amerita que de cada punto salgan dos pares de cables (Señal de vibración y señal de temperatura), por lo cual cada máquina tendrá 8 pares de cables (menos los secadores, los cuales tendrán 6) en dirección a sus nodos correspondientes. Esto dio como consecuencia la determinación del diámetro y el tipo de cableado necesario para poder desplazar esta cantidad de cables de la mejor forma posible y bajo cumplimiento del código eléctrico nacional. Quedando distribuido de la siguiente forma (Ver esquemas en Apéndice D).

Por medio de diagramas unifilares se logró plantear la conexión eléctrica de las señales desde el sensor hasta su respectivo punto de entrada. Dentro del tablero I/O se dividió en dos columnas, una correspondiente a todas las señales de temperatura y otra a las de vibración, generando así un orden y facilidad para la configuración de cada columna de Flex I/O. A partir del espacio que era necesario para albergar los módulos y la cantidad de bornes terminales que necesitaba tanto el tablero I/O como los auxiliares se determinaron las dimensiones necesarias de cada tablero – al tener la misma cantidad de máquinas las dos unidades tendrán la misma cantidad de componentes de control y de montajes eléctricos, por

lo cual las mismas dimensiones de tablero –, toda la información relacionada con la conexión del sistema de monitoreo y el montaje de los tableros esta descrita en el Apéndice D.

6.3.5 Lista de materiales

Seguidamente, al obtenerse una estructura de montaje definida, además de, el arquetipo de canalización que se empleó en la propuesta, así como, las diversas conexiones necesarias, las cuales implican una gran cantidad de insumos tales como conductores y tuberías, los cuales conforman solo una parte del diseño en su totalidad, de tal forma, se determinaron el conjunto de todos los materiales necesarios para llevar a cabo la propuesta, resultando lo siguiente (Ver Tabla 10), en el cual, se pueden observar instrumentos como el transductor seleccionado, categorizados por el número de piezas que se necesitaran en cada edificio, U1 y U2, así como el total en general, los cuales componen la lista de materiales necesarios para la propuesta.

Tabla 10. Lista de materiales necesarios por unidad.

N°	Descripción	Unidad	Cantidad		
			U1	U2	TOTAL
1	Acelerómetro HS-420RT, Modelo: HS-420-RT-010-54-02, Marca: Hansford Sensors	Pza	24	24	48
2	Acelerómetro HS-420RT, Modelo: HS-420-RT-020-54-02, Marca: Hansford Sensors	Pza	24	24	48
3	Módulo FLEX I/O de comunicación ControlNet redundante, Modelo: 1794-ACNR15, Marca: Allen Bradley	Pza	2	2	4
4	Módulo FLEX I/O de 12 entradas analógicas seleccionables, Modelo: 1794-IE12, Marca: Allen Bradley	Pza	4	4	8
5	Unidad Base Terminal, Modelo: 1794-TB3GS, Marca: Allen Bradley	Pza	4	4	8
6	Modulo FLEX I/O de 8 entradas RTD, Modelo: 1794-IR8, Marca: Allen Bradley	Pza	6	6	12
7	Conector en Y con cable coaxial para red ControlNet, Modelo: 1786-TPYS, Marca: Allen Bradley	Pza	1	1	2
8	Unidad Base Terminal, Modelo: 1794-TB3, Marca: Allen Bradley	Pza	6	6	12
9	Cable de conexión HS-AC, Modelo: HS-AC-492-010, Marca: Hansford Sensors	Pza	48	48	96
10	Fuente de poder 24Vdc, 1.3A, Modelo: 1794-PS13, Marca: Allen Bradley	Pza	2	2	4
11	Prensaestopas de 3/4" de acero	Pza	48	48	96
12	Tubería conduit de Aluminio 1 1/2" con anillo, L=3m	Pza	15	12	27
13	Conduletas tipo LR 1 1/2" de Aluminio	Pza	11	12	23
14	Conduletas tipo LR 2" de Aluminio	Pza	6	5	11
15	Tubería conduit de Aluminio 2" con anillo, Longitud: 3m	Pza	17	14	31
16	Tubería flexible liquitight 2"	Metros	2	2	4
17	Conector recto de tubería flexible liquitight 2"	Pza	4	4	8
18	Riel DIN simétrico bicromatizado, Longitud: 1.2m	Pza	3	3	6
19	Gabinete eléctrico 300X300X150 NEMA 3R con sistema de cierre mediante ganchos y doble fondo 240x140mm	Pza	9	9	18
20	Bornes terminales, capacidad: 20A, ancho: 5mm, modelo: MA2.5/5 o similar	Pza	550	550	1100
21	Tope final de riel DIN simétrico, modelo: BAMH o similar	Pza	30	30	60
22	Gabinete eléctrico de 1000X600X400 mm NEMA 3R con sistema de cierre mediante ganchos	Pza	1	1	2
23	Gabinete eléctrico de 400x250x150 mm NEMA 3R con sistema de cierre mediante ganchos	Pza	2	2	4
24	Gabinete eléctrico de 600X400X200 NEMA 3R con sistema de cierre mediante ganchos	Pza	1	1	2
25	Cable ST 4x18 AWG TSN	Metros	2800	2800	5600
26	Rollo de cable conductor 16 AWG THW color blanco	Metros	50	50	100
27	Rollo de cable conductor 16 AWG THW color negro	Metros	50	50	100
28	Abrazaderas de 1 1/2" para perfiles con su tornillo y tuerca	Pza	90	70	160
29	Abrazaderas de 3/4" para perfiles con su tornillo y tuerca	Pza	90	90	180
30	Abrazaderas de 2" para perfiles con su tornillo y tuerca	Pza	100	80	180
31	Tubería conduit de Aluminio 3/4" con anillo, L=3m	Pza	15	15	30
32	Conduleta tipo LR 3/4" de Aluminio	Pza	18	18	36
33	Perfil tipo Unitrut 2.4m pesado calibre 14	Pza	16	38	54
34	Conector hub 3/4"	Pza	36	36	72
35	Tubería flexible liquitight 1-1/2"	Metros	4	4	8
36	Conector recto de tubería flexible liquitight 1-1/2"	Pza	8	8	16
37	Tubería conduit de Aluminio 1" con anillo, Longitud: 3m	Pza	68	88	156
38	Abrazaderas de 1" para perfiles con su tornillo y tuerca	Pza	136	176	312
39	Terminal de Punta para cable 18AWG 100 und.	Pza	5	5	10
40	Conduleta tipo LR 1" de Aluminio	Pza	60	62	122
41	Anillo marca cable 100 und	Pza	10	10	20
42	Canaleta plástica 40x40	Pza	4	4	8

Fuente: Ojeda (2023).

6.3.6 Programa PLC

A partir del hecho que no se tiene acceso a las licencias correspondientes al software de programación de los PLC que sirven para el control de planta (RSLogix 5), se tuvo que realizar dicho programa en una versión más actual que no corresponde al PLC (RSLogix 500), adicionalmente, debido a que la propuesta está basada en el monitoreo de señales de vibración; a partir de una señal de control de 4-20mA por medio del escalamiento y bloques de comparación se define la función lógica detrás del sistema de monitoreo, quedando propuesto de la siguiente forma:

6.3.6.1 Escalamiento de entrada analógica.

Las señales de control analógicas están parametrizadas en rangos comunes de evaluación (4-20mA, 0-10V, 0-20mA, etc.), en los cuales el fabricante diseña sus módulos a partir de estos parámetros, permitiendo que la conversión analógica digital se cumpla y genere palabras de respuesta proporcionales a la señal de control. En el caso de la propuesta se escogió el uso de módulos de entrada analógica seleccionable, por lo cual, en la configuración del módulo, es posible la selección de la señal de control esperada en la entrada. (Ver figura 20).

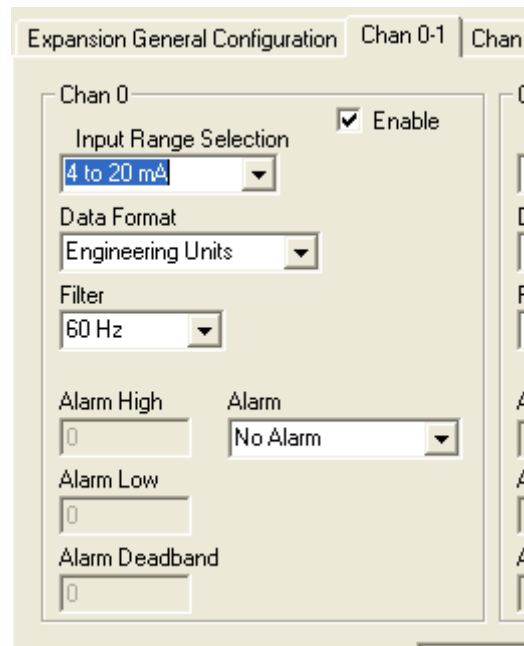


Figura 20. Configuración de módulo de entradas analógicas seleccionables.

Fuente: Ojeda (2023).

A partir de la selección del tipo de señal de control de entrada, en el datasheet correspondiente al módulo Flex I/O 1794-EI12 se ubicó el rango de respuesta en valores digitales, resultando así que para 4mA equivalga a cero y para 21mA equivalga al valor hexadecimal 7FFF (32767 en valor decimal, Ver figura 21).

Current and Voltage Mode Values

Current (mA)	4...20 mA Mode	0...20 mA Mode	Voltage (V)	± 10V Mode		0...10V Mode
				Input	Output	
			-10.50	8000	8000	
0.00		0000	-10.00	8620	8618	
1.00		0618	-9.00	9250	9248	
2.00		0C30	-8.00	9E80	9E78	
3.00		1248	-7.00	AAB0	AAA8	
4.00	0000	1860	-6.00	B6E0	B6D8	
5.00	0787	1E78	-5.00	C310	C310	
6.00	0F0F	2490	-4.00	CF40	CF40	
7.00	1696	2AA8	-3.00	DB70	DB70	
8.00	1E1E	30C0	-2.00	E7A0	E7A0	
9.00	25A5	36D8	-1.00	F3D0	F3D0	
10.00	2D2D	3CF0	0.00	0000	0000	0000
11.00	34B4	4310	1.00	0C30	0C30	0C30
12.00	3C3C	4928	2.00	1860	1860	1860
13.00	43C3	4F40	3.00	2490	2490	2490
14.00	4B4B	5558	4.00	30C0	30C0	30C0
15.00	52D2	5B70	5.00	3CF0	3CF0	3CF0
16.00	5A5A	6188	6.00	4920	4928	4928
17.00	61E1	67A0	7.00	5550	5558	5558
18.00	6969	6DB8	8.00	6180	6188	6188
19.00	70F0	73D0	9.00	6DB0	6DB8	6DB8
20.00	7878	79E8	10.00	79E0	79E8	79E8
21.00	7FFF	7FF8	10.50	7FF0	7FF8	7FF8

Figura 21. Valores de modos de corriente y voltaje.

Fuente: Ojeda (2023).

Conociendo los rangos para el escalado y por medio de la elaboración del programa PLC en lenguaje escalera, se procedió al uso del bloque de función SCP, en el cual recibe como parámetro la dirección de entrada analógica, se establecen los rangos mínimos y máximos de operación y se le asignó una variable del tipo Float en cual tendrá contenida la entrada escalada. Parametrizándose entonces de la siguiente forma. (Ver figura 22 y 23)

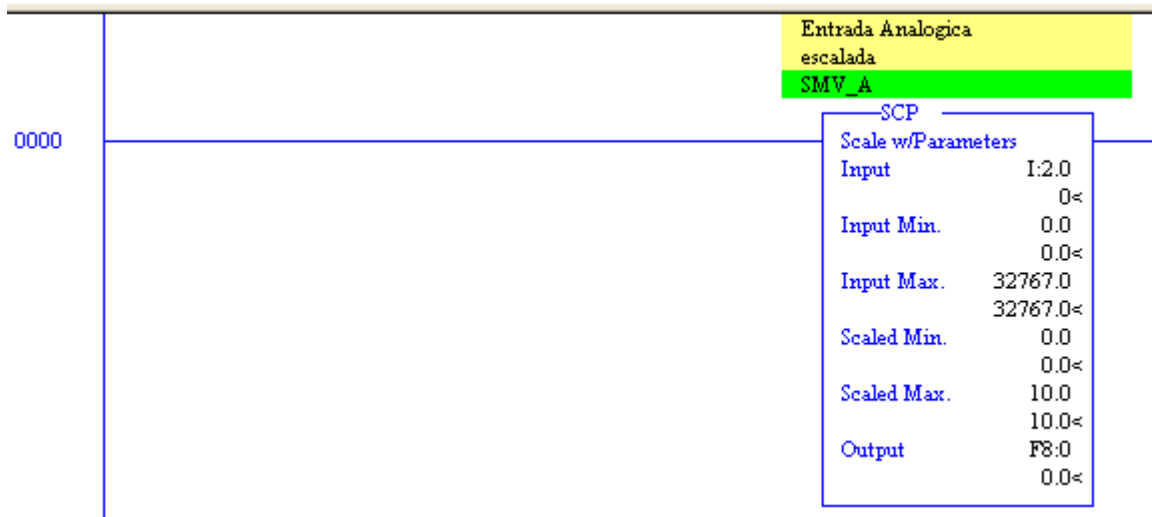


Figura 22. Bloque de escalamiento SCP para señales de rango de 0-10 mm/s
Fuente: Ojeda (2023).

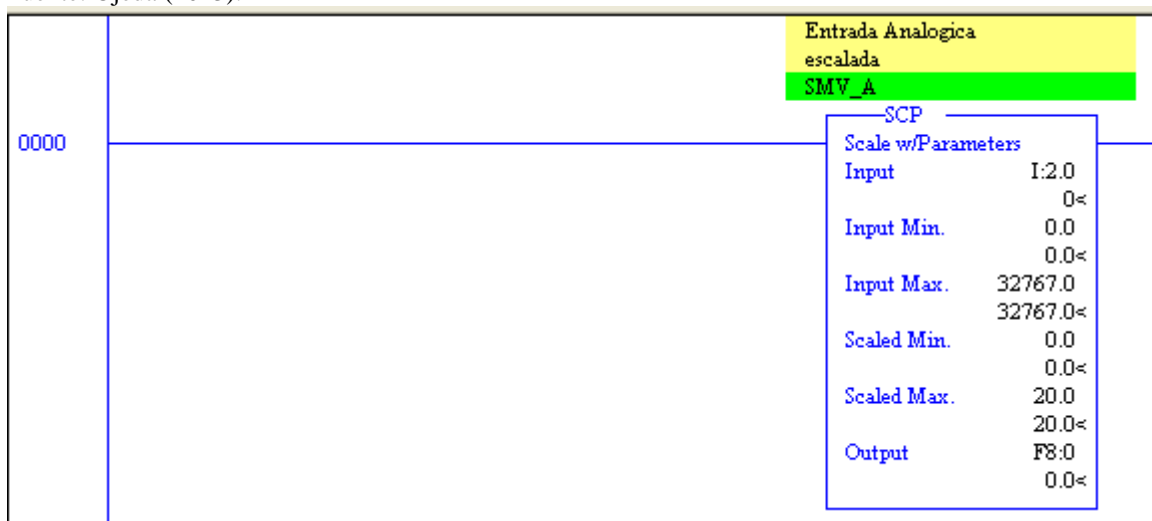


Figura 23. Bloque de escalamiento SCP para señales de rango de 0-20 mm/s
Fuente: Ojeda (2023).

Es importante destacar que este procedimiento se debe hacer con todas las entradas analógicas de la propuesta, respetando el rango del transductor asignado para cada máquina en específico.

6.3.6.2 Bloques de comparación.

Una vez escaladas las entradas de las señales de vibración, se comparan con los parámetros límites permitidos bajo la norma ISO correspondiente según la máquina en particular (Ver Tabla 6 y 7). Para ello dichas normas establecen que las alarmas deben configurarse para un valor dentro del rango de posible daño y el valor establecido puede ser modificado dependiendo de la experiencia operativa que se tenga de la máquina. Por otra parte, las paradas de seguridad de las máquinas deben configurarse a valores que sobrepasen el rango de daño severo de la máquina. Para el programa PLC se usó el bloque de función

GRT (Mayor que) en el cual permite habilitar un temporizado que accione la alarma de alto nivel de vibraciones, quedando de la siguiente manera. (Ver figura 24).

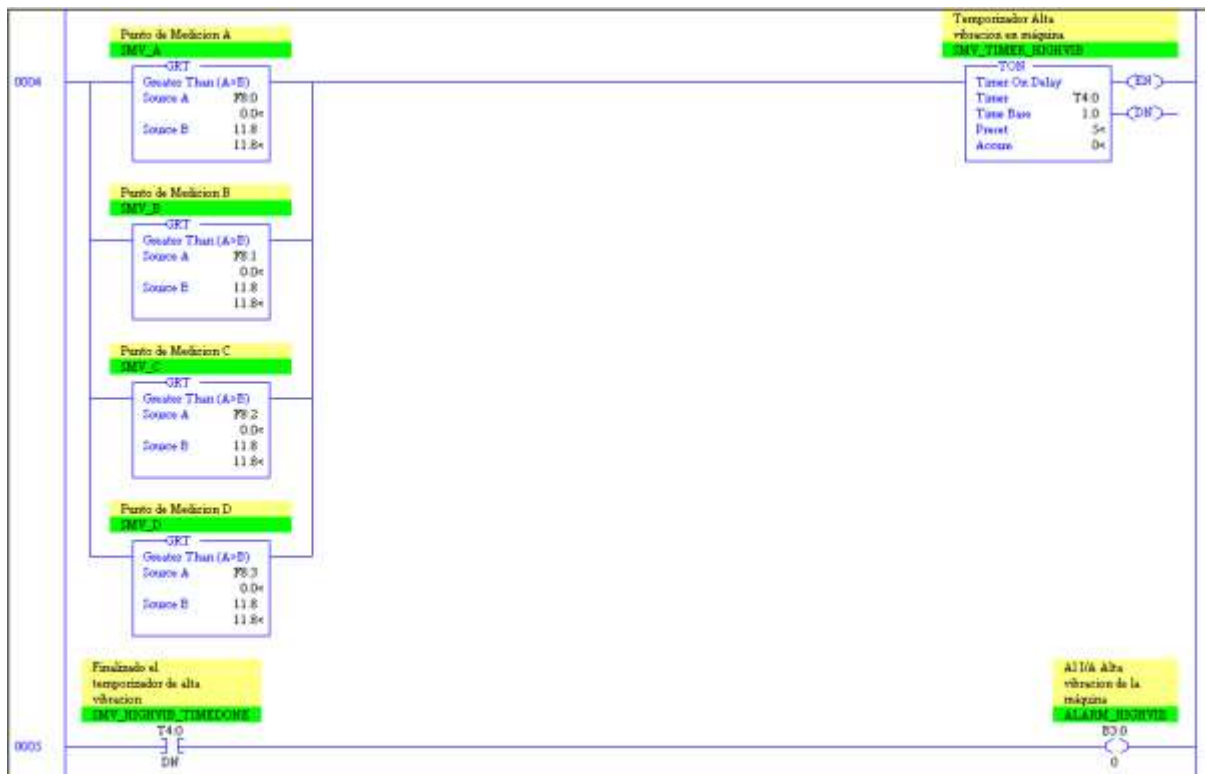


Figura 24. Bloques de comparación para activación de alarma.

Fuente: Ojeda (2023).

Los bloques de función para realizar la parada de seguridad de la máquina funcionan bajo el mismo principio parametrizando los valores de comparación al rango de valores establecido. Es importante destacar que la alarma y la parada de seguridad deben estar asignadas a una variable de tipo binario, en la cual el sistema DCS (Software I/A) de la planta Negroven puede hacer uso de esa información y realizar la función pertinente.

Para el monitoreo de las vibraciones de todas las máquinas de la propuesta, su programa PLC está basado en la misma lógica, por lo cual, el programa queda constituido por lo anterior mencionado para un total de 24 máquinas, siempre y cuando se tome en consideración todos los parámetros en cuanto a rangos de vibración que se han mencionado en la propuesta (Ver Tabla 6 y 7). Como ejemplo planteado del programa PLC para el monitoreo de vibraciones de una máquina se encuentra el Apéndice E. (Ver Apéndice E).

6.4 Fase IV: Estudio de la factibilidad económica, técnica y operativa de la propuesta.

6.4.1 Estudio de factibilidad económica.

Teniendo el conocimiento sobre los materiales necesarios para llevar a cabo la propuesta, se efectuó la búsqueda de los precios de los mismos, dando así, que para el mes de mayo del 2023, el valor de todos los materiales por edificio de proceso sea el siguiente:

- Para el edificio de proceso U1:

Precio total de materiales estimado para el edificio de proceso U1 = \$35.039,37

- Para el edificio de Proceso U2:

Precio total de materiales estimado para el edificio de proceso U2 = \$36.891,27

Generando un total en materiales para llevar a cabo la propuesta de:

Precio total estimado en materiales de la propuesta = \$71.930,64

La estimación de precios a detalle está desglosada en el apéndice E de la presente propuesta. (Ver Apéndice E). Tomando en cuenta los costos obtenidos de los materiales el autor procedió con la investigación y desarrollo de un presupuesto estimado por edificio, en el cual se pueda tomar en cuenta todos los gastos adicionales de equipos y herramientas necesarias para proceder con el trabajo y la mano de obra que efectuará la misma. Tomando en cuenta que la instalación de los transmisores de vibración en las máquinas sea realizado por el personal de mantenimiento eléctrico e instrumentación y la programación PLC juntos con las configuraciones necesarias se lleve a cabo por el departamento de procesos e ingeniería de mantenimiento, el presupuesto tiene entonces contemplado lo relacionado con el montaje de las canalizaciones correspondientes, los tableros y el cableado correspondiente a todas las secciones presentes de la propuesta siguiendo los parámetros descritos anteriormente. (Ver apéndice D).

Como parte del presupuesto se realizó el análisis de precio unitario a cada partida incluida en el mismo, con el fin de poder conocer a detalle los gastos implicados en la elaboración de cada una de ellas, por ello el presupuesto queda contemplado por lo siguiente:

- Para el edificio de proceso U1:

El presupuesto queda totalizado a \$44.428,34. Por el cual \$35.039,37 son los costos de materiales y un total estimado de \$9.388,97 queda reflejado en los costos de mano de obra, implementos y herramientas a usarse, costos administrativos y la utilidad e imprevistos que contempla el desarrollo de la propuesta. El presupuesto y análisis de los precios unitarios se reflejan a detalle en el apéndice F. (Ver apéndice F).

- Para el edificio de proceso U2:

El presupuesto queda totalizado a \$46.315,51. Por lo cual \$36.891,27 son los costos relacionados con los materiales y dando de forma estimada un total de \$9.424,24 en costos de mano de obra, implementos y lo relacionado con costos administrativos, utilidades e imprevistos que se contemplan en el desarrollo de la propuesta. De forma detallada se refleja en el apéndice G el presupuesto y los análisis de precio unitario del presente edificio. (Ver Apéndice G).

Es importante destacar que los costos relacionados con la mano de obra y equipos pueden ser un factor que aumente o disminuya el precio total del proyecto de forma drástica y esto dependerá del personal contratado. Por otra parte, a partir de los presupuestos obtenidos, el proyecto presentado en la propuesta tiene un costo total estimado de:

Costo total de la propuesta: \$90.743,85

A partir del costo estimado de la propuesta se realizó un análisis en retrospectiva que permitió comparar la inversión necesaria con cálculos directamente relacionados a ámbitos económicos. Para ello, se estudió el tiempo promedio de reparación de las máquinas, a partir de los datos TTR (Tiempo Técnico de Reparación) de reparaciones previas registradas por ingeniería de mantenimiento, permitiendo segmentar los trabajos en dos ramas: el reemplazo de motores y la reparación de “conjunto” el cual comprende de todo segmento mecánico ajeno a la máquina motriz. (Ver Tabla 11).

Tabla 11. *Tiempo técnico de reparación promedio de las máquinas de los edificios de proceso*

U1 / U2		Tiempo Técnico de Reparación (Horas)	
N°	Máquina	Motor	Conjunto
1	Micromolino 1	4	12
2	Micromolino 2	4	12
3	Peletizador 1	8	24
4	Peletizador 2	8	24
5	Ventilador de Represión	4	24
6	Ventilador de Transporte	4	16
7	Ventilador OQ	4	16
8	Ventilador de filtro de purga	4	16
9	Ventilador de filtro de proceso	4	16
10	Secador	4	8
11	Extractor de gases del secador	4	16
12	Tanque Agitador	2	40

Fuente: Ojeda (2023).

Seguidamente, se estudió los cálculos relacionados a la producción de negro de humo en cuanto a las condiciones operativas normales y los protocolos de arranque o parada de la planta en caso de fallas en algún dispositivo. Esto permitió el conocimiento de las toneladas métricas producidas al día por cada unidad (100 y 120 TM, para la unidad 1 y la unidad 2 respectivamente). Adicionalmente, como información relevante se obtuvo el tiempo de calentamiento de los reactores de cada unidad, en los cuales se aproximan de 8 a 12 horas

y dependerá la disminución de este tiempo en la temperatura que se encuentre dichos reactores al momento de la rampa de calentamiento.

Al existir una parada en planta el protocolo establece la descarga del edificio de proceso respectivo, procedimiento el cual toma entre una a dos horas completarse. Si la parada en cuestión es imprevista este proceso debe realizarse antes de poder efectuar alguna reparación correctiva. A partir de la información mencionada se determinaron dos escenarios de parada no planificada.

Para el primero de ellos se consideró que se presenta una falla en alguna máquina de forma imprevista y se posee todos los recursos necesarios para poder solventarlo (Personal de mantenimiento a disposición, repuestos en almacén, etc.), considerando esto, se determinó la cantidad de toneladas métricas de negro de humo perdidas a raíz del downtime provocado por la falla. Considerando que en Negroven el downtime se cuenta desde el momento que sucede la falla hasta que se realiza nuevamente la inyección de materia prima luego de la reparación, fue necesario tomar en cuenta los tiempos de descarga del edificio, así como la puesta a punto de los reactores para retomar la producción, generando una pérdida promedio de:

- Promedio de toneladas pérdidas por sustitución de un motor: 42,41 TM
- Promedio de toneladas perdidas por reparación de “conjunto”: 129,5 TM

Como segundo escenario se planteó que se presenta una falla en alguna máquina de forma imprevista, además, no se cuenta con el stock de repuestos necesarios para la reparación de la máquina o el motor de respaldo para la sustitución del mismo; considerando que Negroven se suministra de repuestos tanto de importación como de mercado nacional se consideró en promedio una semana y media de tiempo para la dotación de los repuestos necesarios, por lo cual, se estimó nuevamente la cantidad de toneladas métricas de negro de humo perdidas, resultando así:

- Promedio de toneladas pérdidas por sustitución de un motor: 284,25 TM
- Promedio de toneladas perdidas por reparación de “conjunto”: 1277 TM

Seguidamente se determinó la diferencia de toneladas métricas de negro de humo perdidas entre los dos escenarios, pudiendo evidenciar así, el aumento sustancial de las pérdidas a causa de un escenario no conveniente que no fue previsto ni se contaba con recursos necesarios.

- **Diferencia entre escenarios por sustitución de un motor: 241,83 TM**
- **Diferencia entre escenarios por reparación de “conjunto”: 1147,5 TM**

Conforme a esto, se pudiesen plantear distintos escenarios en los cuales exista una falta en los recursos para la acción inmediata (Personal necesario de turno, servicios de

terceros, herramientas adicionales, etc.), las diferencias entre el mejor de los casos y estos escenarios siguen siendo de alta pérdida.

El argumento que deja en evidencia la factibilidad de la propuesta está en la capacidad de reducir estos escenarios, esto debido a que el monitoreo de las condiciones de las máquinas permitirá la predicción de la vida operativa de la misma. Tomando en cuenta que se logre predecir la condición de la máquina siempre existirá una parada para su solvencia, por lo cual el efecto directo de la propuesta va hacia la reducción a mínimas proporciones de la diferencia entre el mejor de los casos y cualquier escenario que afecte la solvencia de la falla en el menor tiempo posible bajo un régimen ahora de parada planificada.

6.4.2 Estudio de factibilidad Técnica y Operativa

A partir de la justificación económica planteada en la propuesta deja en evidencia el abanico de fortalezas añadidas de parte de la propuesta. En el ámbito técnico permite la reducción de los recursos humanos invertidos en la inspección de las máquinas, por lo cual las rutinas de vibraciones y temperatura pueden ser reducidas en su frecuencia, generando como beneficio la disponibilidad de mayor personal de mantenimiento para una distinta actividad. Adicionalmente al existir una medición en simultáneo de todas las máquinas permite que para la evaluación de las mismas se reduzca a un análisis en sitio solo cuando sea estrictamente necesario, ya que por medio del sistema DCS de la planta permite su evaluación remota y registrada, mejorando el diagnóstico, predicción y mantenimiento de cada máquina gracias a un monitoreo constante. Adicionalmente, la no disponibilidad de los dispositivos de evaluación en sitio (Analizador de vibraciones y cámara termográfica) no influiría como factor determinante para la incapacidad de un correcto mantenimiento predictivo y ámbitos como los servicios de análisis de vibraciones por personal externo se reducen hacia únicamente escenarios particulares que lo ameriten.

En la rama operativa, el poseer un sistema de monitoreo de condición de forma constante permite la mejora en ámbitos como la planificación, ya que al poder determinar las condiciones de una máquina se puede determinar las piezas necesarias para su reparación y cualquier recurso que amerite para su mantenimiento (personal extra, grúa, etc.) reduciendo los escenarios no deseados mencionados antes. Adicionalmente el garantizar una buena planificación a partir del conocimiento de las condiciones operativas de las máquinas se reducen ciertos mantenimientos preventivos en los cuales pueden considerarse no necesarios si se tiene un buen estudio de condición, reduciendo así gastos innecesarios para el mantenimiento de las máquinas.

Por otra parte, la aplicación de la propuesta garantiza la posibilidad de existir una metodología de alarma y paradas de seguridad en caso de fallas mecánicas, solventando así, la problemática que fue afirmada al momento de la entrevista (Ver Apéndice C), permitiendo que no solo tenga un beneficio positivo en mantenimiento predictivo si no también beneficios operacionales en cuanto a la protección de los activos de la empresa.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de todo lo establecido en secciones anteriores de esta investigación, se puede concluir que la elaboración de la propuesta de un sistema de monitoreo de vibraciones para las máquinas rotativas de los edificios de proceso U1 y U2 de Negroven es considerado factible, debido a que se cumplieron con todos los parámetros necesarios para poder de llevarlo a cabo, además que, una inversión como la expuesta en la propuesta puede generar un impacto considerable en las funcionalidades de la empresa, tanto en ámbitos como la planificación, la operatividad y el mantenimiento.

Así pues, considerando la problemática planteada, así como las características innatas de la investigación, se puede expresar con seguridad, que a través de la presente propuesta se logró plasmar una alternativa eficaz para mejorar el mantenimiento de las máquinas, no solo por el planteamiento principal de un sistema de monitoreo de vibraciones, si no, la evolución de la misma a un sistema de monitoreo de condición de mayor complejidad, permitiendo la reducción de pérdidas productivas y la apertura a un sistema de mantenimiento más eficiente, moderno y confiable. Asimismo, como recomendaciones basadas en lo propuesto en este proyecto se tiene:

- Capacitar al personal de Negroven en temas relacionados con el mantenimiento bajo condición, el monitoreo de vibraciones y térmico.
- Capacitar al personal de mantenimiento de Negroven en metodologías de mantenimiento predictivo aplicable para el resguardo de la planta.
- Elaborar nuevas rutinas de inspección relacionadas al monitoreo de vibraciones y temperatura de las máquinas rotativas de los edificios de proceso.
- Mejorar la planificación preventiva de la planta tomando en cuenta el sistema de monitoreo.
- Realizar una valuación del proyecto si se decide su implementación tomando en consideración el tiempo en el que fue elaborado esta propuesta y la fecha en la cual se esté proyectando su implementación.



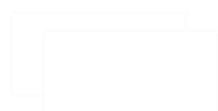
REFERENCIAS

- Allen Bradley. (2021). **Módulo FLEX I/O de comunicación ControlNet redundante.**
<https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/details.1794-IE12.html>, USA
- Allen Bradley. (2021). **Módulo FLEX I/O de 12 entradas analógicas seleccionables.**
<https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/details.1794-ACNR15.html>,
USA.
- Arias, Fidias. (2012). **El Proyecto de Investigación.** 6ta Edición. Editorial Episteme.
Caracas, Venezuela.
- AZIMA DLII. (2021). **Introducción al Análisis de Vibraciones**
<https://termogram.com/images/pdf/analisis-vibraciones/introduccion-al-analisis-de-vibraciones-azima-dli.pdf>. Costa Rica.
- Ballesteros, F. (2019). **La Estrategia Predictiva en el Mantenimiento Industrial.**
Preditec/IRM. <http://www.preditec.com/>. Zaragoza. España.
- Cofrico. (2020). **Mantenimiento Predictivo Basado en Condición (CBM).**
[https://www.cofrico.com/eficiencia-energetica/mantenimiento-predictivo-basado-en-lacondicioncbm/#:~:text=El%20Mantenimiento%20Predictivo%20basado%20en%20I\(CBM%20por%20sus,o%20futura%20de%20la%20maquinaria.](https://www.cofrico.com/eficiencia-energetica/mantenimiento-predictivo-basado-en-lacondicioncbm/#:~:text=El%20Mantenimiento%20Predictivo%20basado%20en%20I(CBM%20por%20sus,o%20futura%20de%20la%20maquinaria.) A Coruña, España.
- Flores E., Albornoz A., López E. y Romero J. (2020). **Evaluación mediante vibraciones de los rodamientos de la transmisión de un prototipo mini Baja SAE.** Volumen 27. Revista Ingeniería UC. Universidad de Carabobo. Carabobo, Venezuela.
- García A., Ávila E., Morales E. (2018), **Diseño de un sistema de monitoreo de vibraciones en máquinas rotativas críticas en la línea de producción de lija.** Instituto Politécnico Nacional de México. Ciudad de México, México.
- Gutiérrez, M., Iturralde, S. (2017). **Fundamentos Básicos de Instrumentación y Control.** Primera Edición. Editorial UPSE. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Ecuador.
- Hansford Sensors. (2022), **Acelerómetro Triaxial Premium HS-183,**
<https://www.hansfordsensors.com/wp-content/uploads/2022/03/TS1036.4-1.pdf>,
Londres, Reino Unido.
- Hansford Sensor. (2020), **Montaje roscado,** <https://www.hansfordsensors.com/wp-content/uploads/2020/09/HS-173-User-Guide-US-version.pdf>, Londres, Reino Unido
- Hansford Sensors (2020). **Acelerómetro HS-420RT.** <https://hansfordsensors.com/wp-content/uploads/datasheets/TS114.9.pdf>, Londres, Reino Unido.

- Hernández A. (2019), **Requerimientos para la gestión de mantenimiento en la industria petrolera venezolana división occidente**. RINI. Universidad del Zulia. Zulia, Venezuela.
- Hurtado, Jacqueline (2000). **Metodología de Investigación Holística**. 3era Edición. Fundación Sypal. Caracas, Venezuela.
- Izquierdo H. (2014). **La confiabilidad del mantenimiento a través de un enfoque prospectivo. Caso venalum, Venezuela**. Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2014). Guayaquil, Ecuador.
- Matos L. (2020), **Tipos de mantenimiento en las plantas compresoras de gas de la industria petrolera venezolana Distrito-Lagunillas**. Volumen 4. Ingeniería y sus Alcances. Universidad del Zulia. Zulia, Venezuela.
- Muñoz, B. (2020). **Mantenimiento Industrial**. Escuela de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid. España.
- Olarte, W., Botero, M., Cañón, B. (2011). **Aplicación de la Termografía en el Mantenimiento Predictivo**. Universidad Tecnología de Pereira, Colombia.
- Organización Internacional de Normalización. (2003). **Ventiladores Industriales – Especificaciones para la calidad del equilibrio y los niveles de vibración**. ISO 14694. Ginebra, Suiza.
- Organización Internacional de Normalización. (1995). **Vibraciones Mecánicas – Evaluación de Vibraciones en Máquinas medidas en superficies no giratorias**. ISO 10816-1: Aspectos Generales. Ginebra, Suiza.
- Organización Internacional de Normalización. (1998). **Vibraciones Mecánicas – Evaluación de Vibraciones en Máquinas medidas en superficies no giratorias. ISO 10816-3: Máquinas industriales con potencia nominal superior a 15kW y velocidades nominales entre 120rpm y 15.000rpm cuando son medidas en sitio**. Suiza.
- Parella, Santa. (2006). **Metodología de la Investigación Cuantitativa**. 2da Edición. Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas, Venezuela.
- Parada J., Puentes A., Vergara M. (2018), **Sistema de adquisición de datos para análisis de desbalance en máquinas rotativas**. Volumen 1. Revista Colombiana de Tecnologías Avanzadas. Pamplona, Colombia.
- Portos J., Parker B., (2015). **Máquinas más comunes y la razón de sus fallas en la industria petroquímica. Expuesto en la conferencia técnica de petróleo y la industria química 2015**. USA.

- Ramírez, T., (2012). **Como hacer un Proyecto de investigación**. Editorial Panapo. Caracas, Venezuela.
- Roldan, P., Fachelli, S. (2015). **Metodología de la Investigación Social Cuantitativa**. 1era Edición. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España.
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador UPEL. (2016). **Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis doctorales**. 5ta edición. Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas. Venezuela.
- White, G. (2018). **Introducción al Análisis de Vibraciones**. AZIMA DLI. <https://termogram.com/images/pdf/analisis-vibraciones/introduccion-al-analisis-de-vibraciones-azima-dli.pdf/>. Woburn, USA.
- Wonderware. (2020) **El nuevo enfoque de mantenimiento**, <https://www.wonderware.es/apm-asset-performance-management/el-nuevo-enfoque-del-mantenimiento/>. Vigo, España.

APÉNDICE



Anexo A.
Guion de Entrevista





REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

INSTRUCCIONES PARA LA GUIA DE ENTREVISTA

- Indique su función dentro de la empresa
- Proceda a leer detenidamente cada una de las preguntas
- Responda de manera objetiva
- En caso de dudas, consulte con la persona encargada de aplicar el cuestionario

N°	Guión de entrevista
1	¿Cuáles son las máquinas rotativas pertenecientes a cada edificio de proceso?
2	¿Cuáles son las características cada máquina rotativa?
3	¿Cuáles son las características de los motores de cada máquina rotativa?
4	¿Cuáles son los sistemas de protección ante fallas mecánicas en las máquinas rotativas?
5	¿Cuál es el protocolo de comunicación para transmitir las señales que dan control a las máquinas rotativas?

Anexo B.
Validación de Instrumento



APÉNDICE B



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ESTIMADO PROFESOR (A): *FREDDY BARUMAGÁN*

Seguidamente se le presenta un guión de entrevista que va dirigido a un panel de expertos de diferentes áreas de trabajo en la Empresa **NEGROVEN, S.A.**, ubicada en la **Avenida Domingo Olavarría, Zona Industrial Municipal Sur II Apartado Postal 452- Zona Postal 2003, Valencia, Venezuela.**, para un total de tres (03) personas; las respuestas que se obtendrán de la aplicación de este instrumento de recolección de datos va a permitir dar respuesta al objetivo específico número uno (01) de la investigación, que se denomina: **Diagnosticar las condiciones operativas de las máquinas rotativas ubicadas en cada edificio de proceso en la planta de Negroven, S.A., de tal manera que permita obtener información de una fuente confiable.** Por lo que se solicita a usted de sus buenos oficios para la validación de este instrumento dada su formación académica y experiencia en el ramo industrial y académico.

A tal efecto se anexa el cuadro técnico metodológico, el guión de entrevista y el formato de validación.

DNS. MEDANITO
ESP. EN AUTOMATIZACIÓN
DR. EN ELECTRICIDAD
AUTOR:

Ojeda, Robert

C.I.: 27.188.146

TUTOR:

Sánchez, Gerson



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
 UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

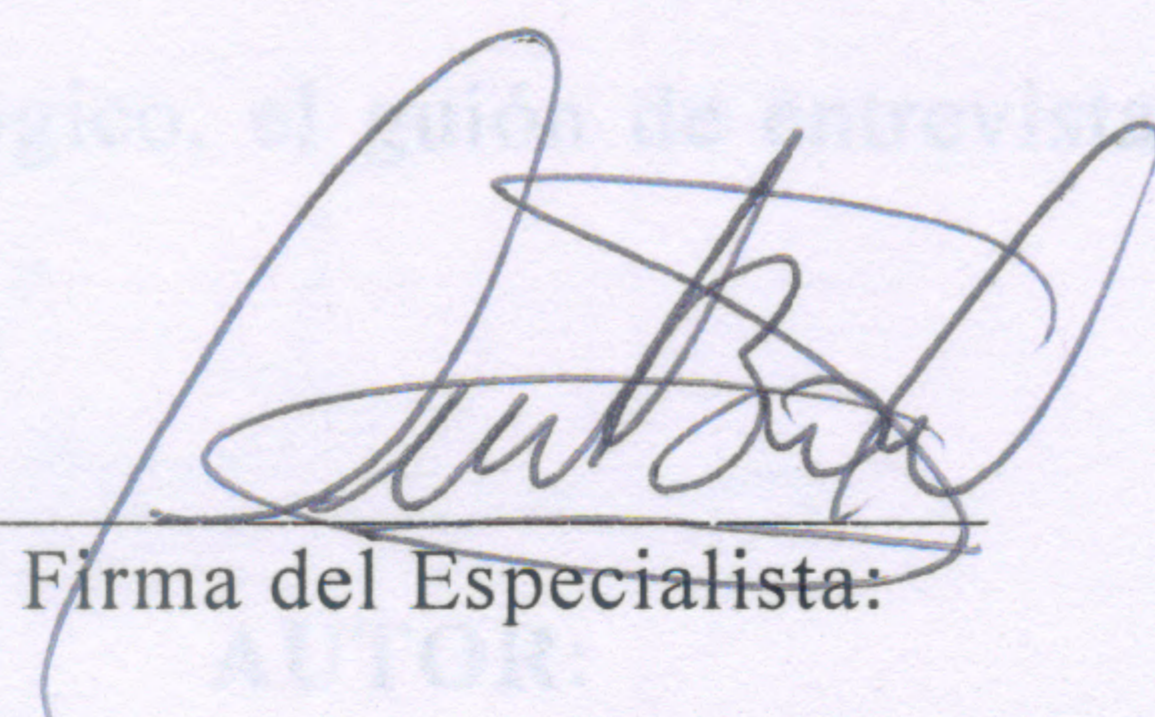
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		
6						
7						
8						
9						
10						

Fecha: 27/01/2023


 Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	INGR. MECANICO ESP. EN AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS DR. EN EDUCACIÓN
--	--



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ESTIMADO PROFESOR (A): *Manuel Figueira*

Seguidamente se le presenta un guión de entrevista que va dirigido a un panel de expertos de diferentes áreas de trabajo en la Empresa **NEGROVEN, S.A.**, ubicada en la **Avenida Domingo Olavarría, Zona Industrial Municipal Sur II Apartado Postal 452- Zona Postal 2003, Valencia, Venezuela.**, para un total de tres (03) personas; las respuestas que se obtendrán de la aplicación de este instrumento de recolección de datos va a permitir dar respuesta al objetivo específico número uno (01) de la investigación, que se denomina: Diagnosticar las condiciones operativas de las máquinas rotativas ubicadas en cada edificio de proceso en la planta de Negroven, S.A., de tal manera que permita obtener información de una fuente confiable. Por lo que se solicita a usted de sus buenos oficios para la validación de este instrumento dada su formación académica y experiencia en el ramo industrial y académico.

A tal efecto se anexa el cuadro técnico metodológico, el guión de entrevista y el formato de validación.

Robert Ojeda
AUTOR:

Ojeda, Robert

C.I.: 27.188.146

TUTOR:

Gerson Sánchez
Sánchez, Gerson



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
 UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

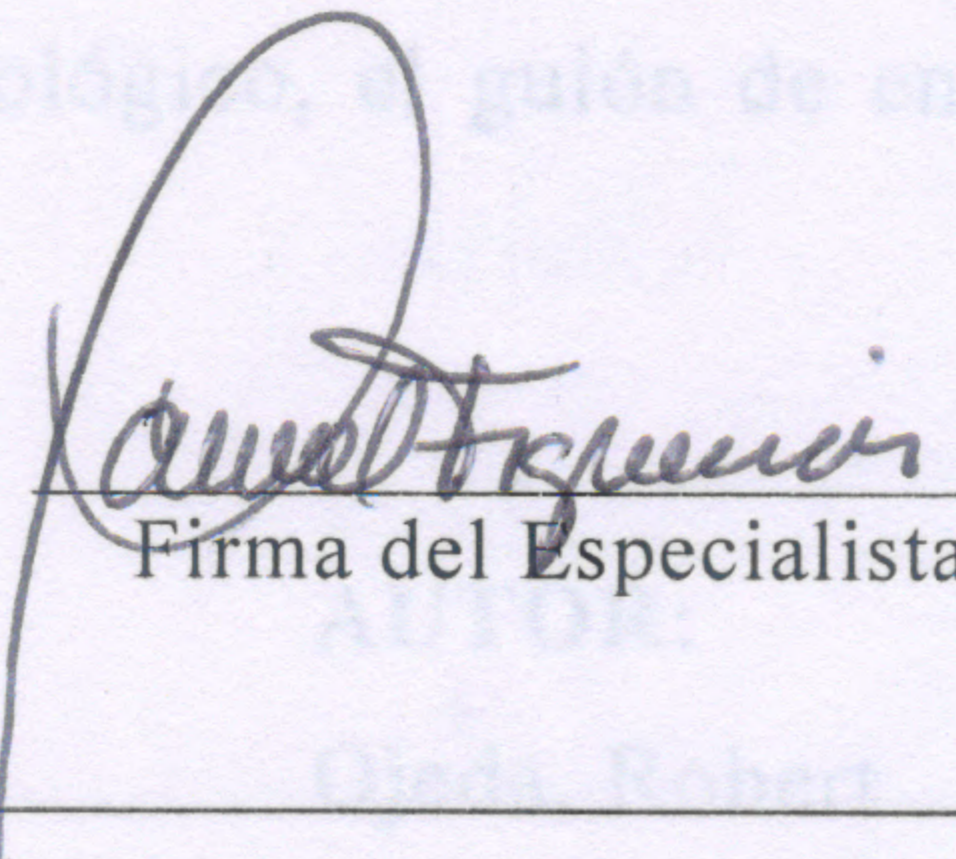
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	X			X		
2	X			X		
3	X			X		
4	X			X		
5	X			X		
6						
7						
8						
9						
10						

Fecha: 27 /01/2023


 Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	INGENIERO Civil.
--	------------------



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ESTIMADO PROFESOR (A):

Juan Amezgu

Seguidamente se le presenta un guión de entrevista que va dirigido a un panel de expertos de diferentes áreas de trabajo en la Empresa **NEGROVEN, S.A.**, ubicada en la Avenida Domingo Olavarría, Zona Industrial Municipal Sur II Apartado Postal 452- Zona Postal 2003, Valencia, Venezuela., para un total de tres (03) personas; las respuestas que se obtendrán de la aplicación de este instrumento de recolección de datos va a permitir dar respuesta al objetivo específico número uno (01) de la investigación, que se denomina: Diagnosticar las condiciones operativas de las máquinas rotativas ubicadas en cada edificio de proceso en la planta de Negroven, S.A., de tal manera que permita obtener información de una fuente confiable. Por lo que se solicita a usted de sus buenos oficios para la validación de este instrumento dada su formación académica y experiencia en el ramo industrial y académico.

A tal efecto se anexa el cuadro técnico metodológico, el guión de entrevista y el formato de validación.

AUTOR:

Ojeda, Robert

C.I.: 27.188.146

TUTOR:

Sánchez, Gerson



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	X			X		Cuantificar
2	X			X		
3	X			X		
4	X			X		
5		X		X		Existentes
6						
7						
8						
9						
10						

Juan D

Fecha: 27 / 1 / 2023

Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:

Ingeniero Electricista, mención Control y Sistemas, profesor en las universidades UE y la UJAP

Anexo C.
Respuestas de la Entrevista



Resultados obtenidos a través de la entrevista como técnica de recolección de datos.

- La información expresada a continuación es el resultado de llevarse a cabo la entrevista como una de las técnicas planteada para la recolección de datos.
- Toda la información que será referida a continuación fue redactada por el autor a partir de los datos que eran obtenidos como respuesta a cada pregunta.
- Se le aplicó la entrevista a las dos personas en simultáneo.

Entrevistados:

- Jefe de mantenimiento eléctrico e instrumentación de Negroven, S.A.
- Supervisor de campo de mantenimiento eléctrico e instrumentación de Negroven, S.A.

1. ¿Cuáles son las máquinas rotativas pertenecientes a cada edificio de proceso?

Los edificios de proceso tienen exactamente la misma cantidad de máquinas, es decir que, al conocer las máquinas de un edificio automáticamente se conoce las del otro. Las máquinas son:

- 2 Micromolinos.
- 2 Peletizadores.
- Ventilador de represión SMUF.
- Ventilador de filtro de Proceso.
- Ventilador de transporte.
- Ventilador de filtro de purga.
- Ventilador reproceso también llamado OQ.
- Extractor de gases del secador.
- Agitador del tanque de negro de humo.
- Secador.

2. ¿Cuáles son las características cada máquina rotativa

Todas las máquinas rotativas que se tienen en cada edificio son alimentadas por su motor eléctrico, las máquinas en su mayoría su motor está acoplado por un sistema de correas que hacen girar un eje fijo en chumaceras, aunque motores como del secador y el ventilador de represión están conectados de forma directa al eje de rotación de la carga. Cada motor tiene una potencia distinta y entre unidades (U1 y U2) tienen similitudes entre las características pero no son exactamente iguales por la marca del fabricante o el modelo del motor que se tiene instalado.

3. ¿Cuáles son las características de los motores de cada máquina rotativa?

Los motores dentro de la planta son alimentados con 440V y no superan los 200 HP de potencia.

- En este punto de la entrevista fue suministrado al autor documentos relacionados con las características de cada máquina encontrada en los edificios de proceso, permitiendo reforzar lo que los entrevistados habían respondido en las preguntas anteriores. En dichos documentos se encontraban las características de cada motor dentro de la planta de Negroven, permitiendo así, obtener información relevante para el levantamiento de datos dentro de la fase I de la propuesta.

4. ¿Cuáles son los sistemas de protección ante fallas mecánicas en las máquinas rotativas?

- Uno de los entrevistados responde:

Dentro de Negroven no se tiene protecciones para fallas mecánicas si no están relacionadas con algún parámetro eléctrico. Como todas las máquinas del edificio están gobernadas por variadores, realmente no se posee una protección específica para daños más allá que el variador no pueda percibir y disparar la protección.

- La otra parte entrevistada:

Es cierto, en los motores del edificio no existen métodos para proteger ante fallas mecánicas, lo más cercano son los sensores de posición que censan y confirman el giro de ciertos motores de válvulas rotativas en otras partes del proceso.

5. ¿Cuál es el protocolo de comunicación para transmitir las señales que dan control a las máquinas rotativas?

- Uno de los entrevistados:

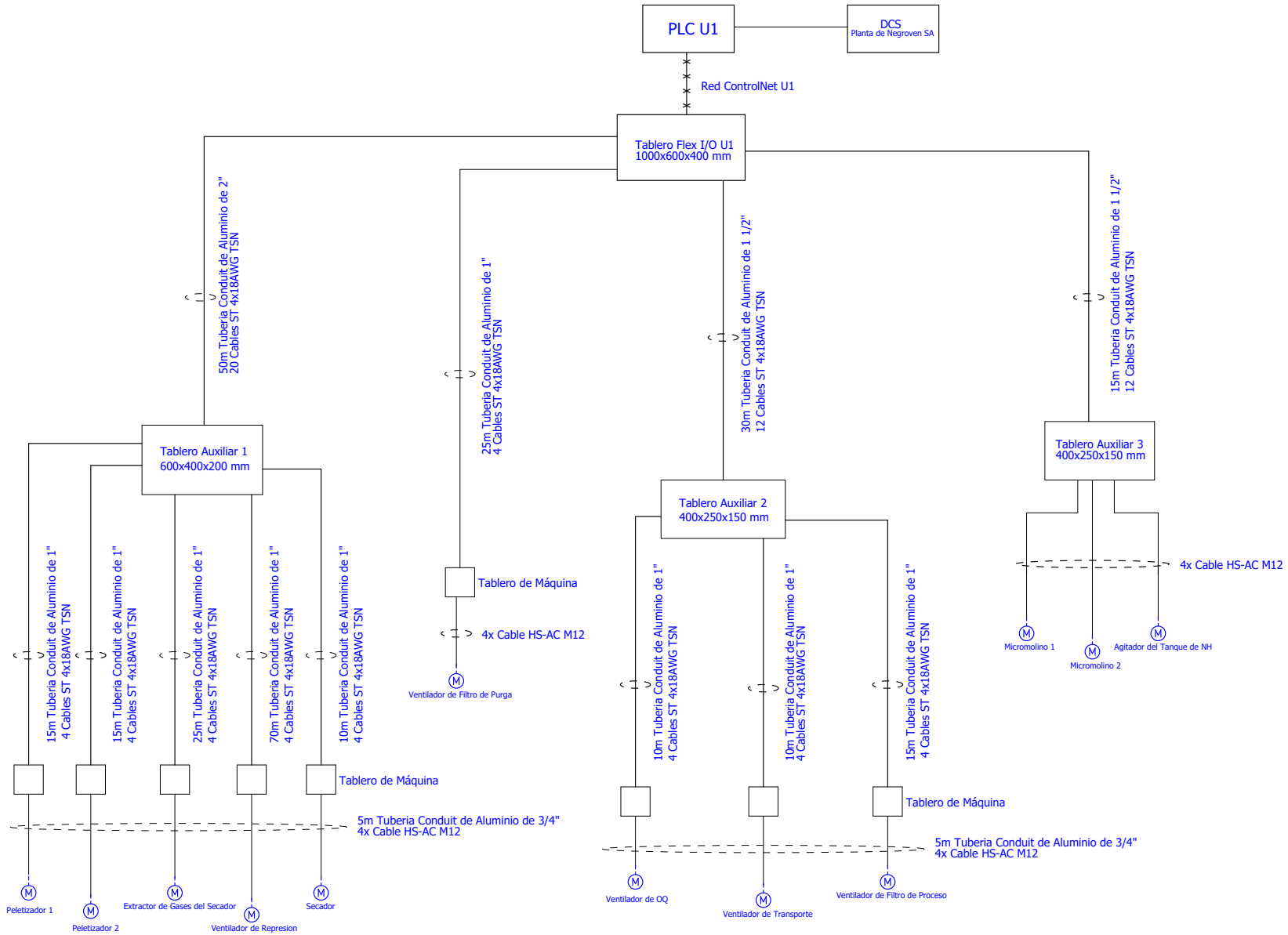
El sistema de control está separado en dos PLC, uno para cada unidad, en ellos se interviene todas las entradas y salidas de la planta, aunque no todas las señales llegan directamente hacia los PLC. A lo largo de la planta existen redes de ControlNET, ProfitBus, DeviceNet y tomando en cuenta que dentro de Negroven se usa Allen Bradley, existen entonces alternativas como los Flex I/O para poder tener mayor cantidad de entradas disminuyendo el cableado hacia el PLC.

Añadiendo el otro entrevistado:

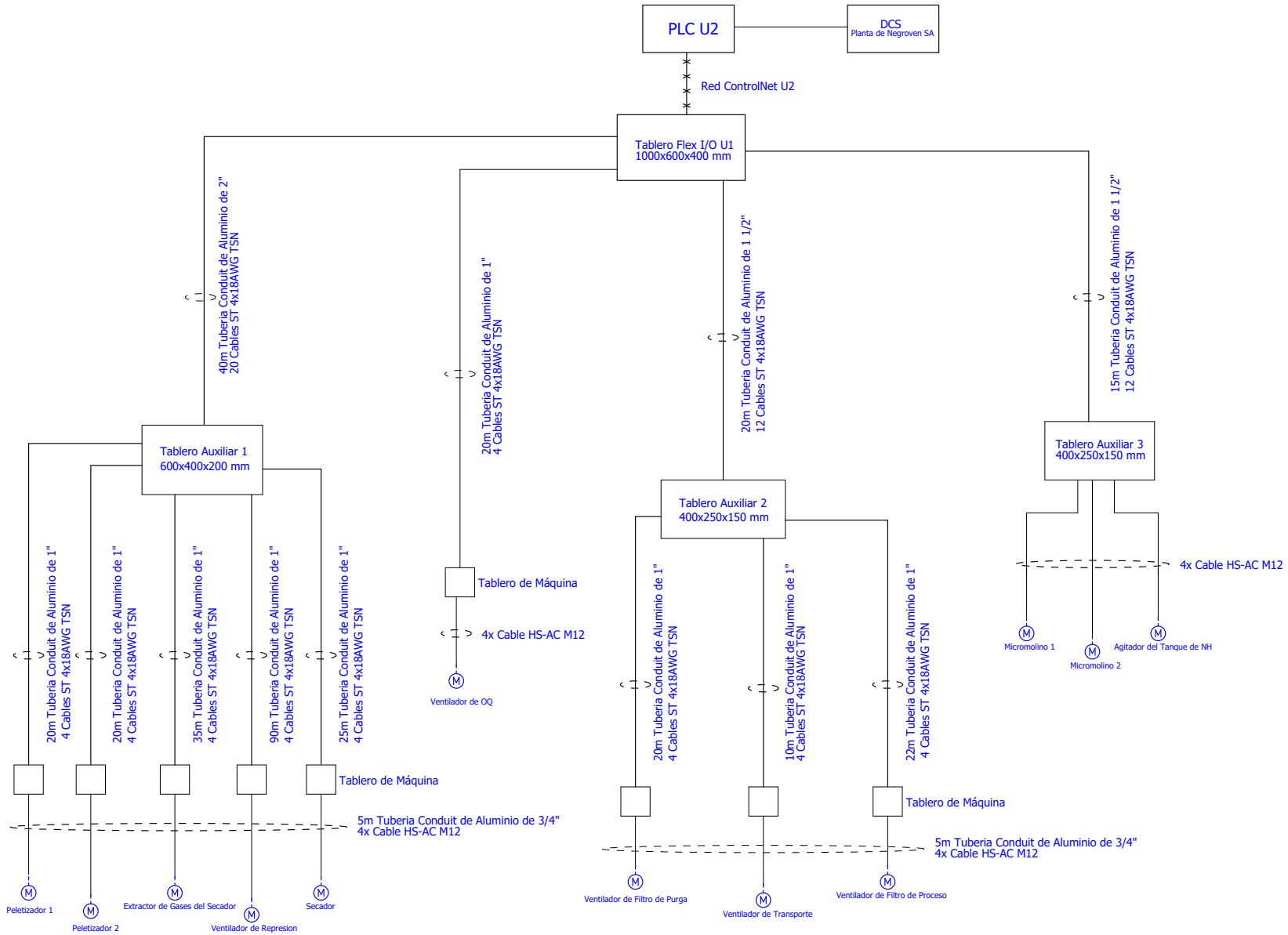
Los PLC están conectados al I/A, que es el software que gobierna al DCS de la planta y las señales que vienen del PLC entran a módulos FBM para permitir controlar los PLC de cada unidad y poder así manipular el proceso.

Anexo D.
Planos

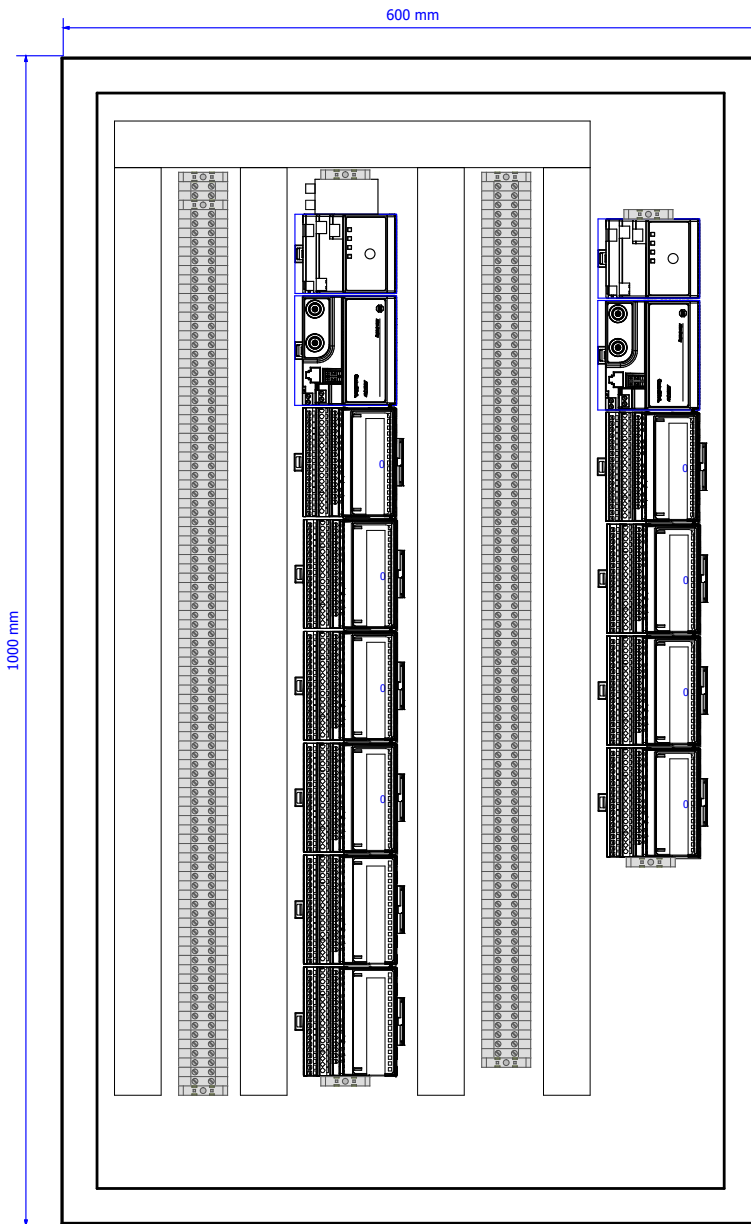


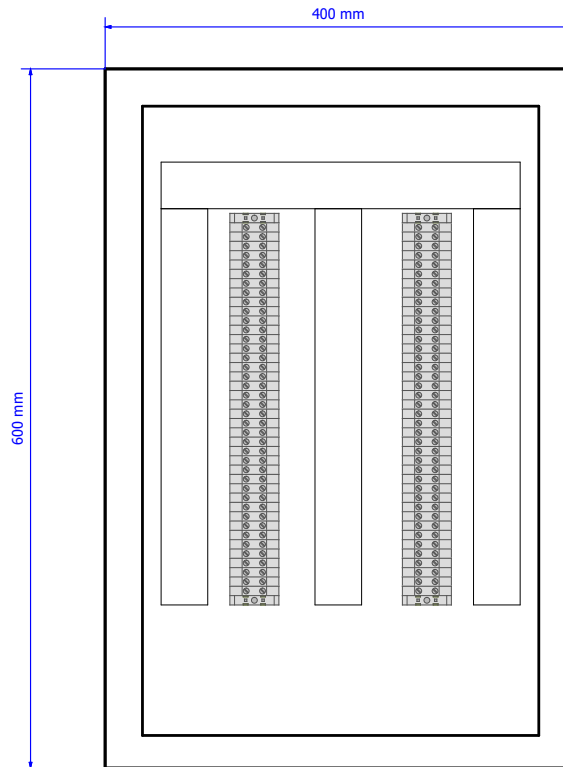


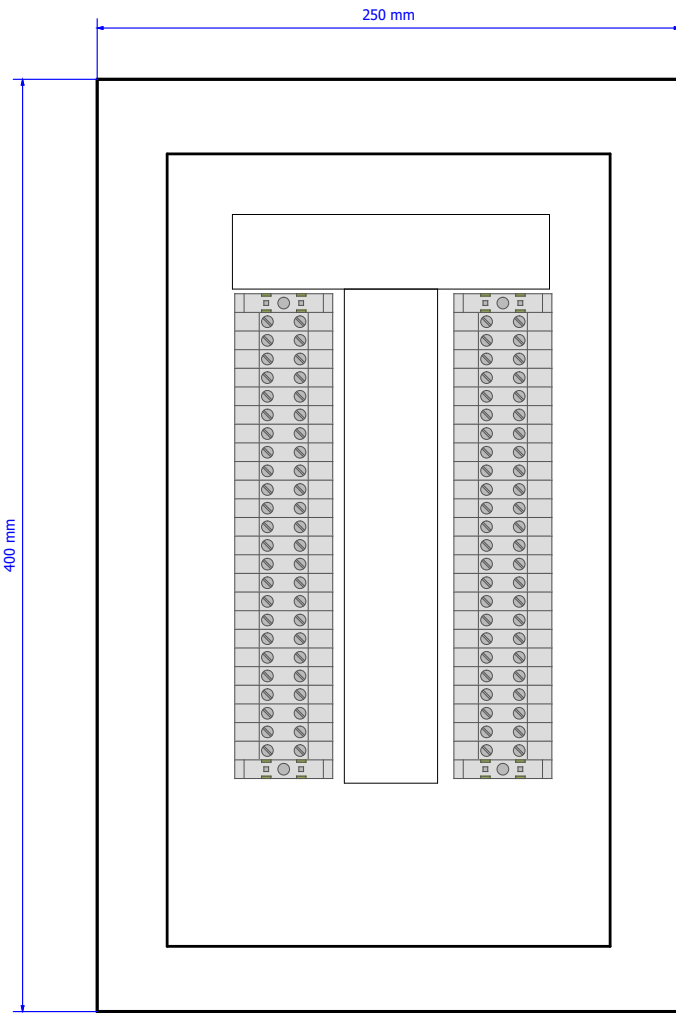
Autor Robert Ojeda	SMV: Esquema de Canalizaciones	Sistema de Monitoreo de Vibraciones	Edificio de proceso U1
		Negroven S.A	Tablero Flex I/O

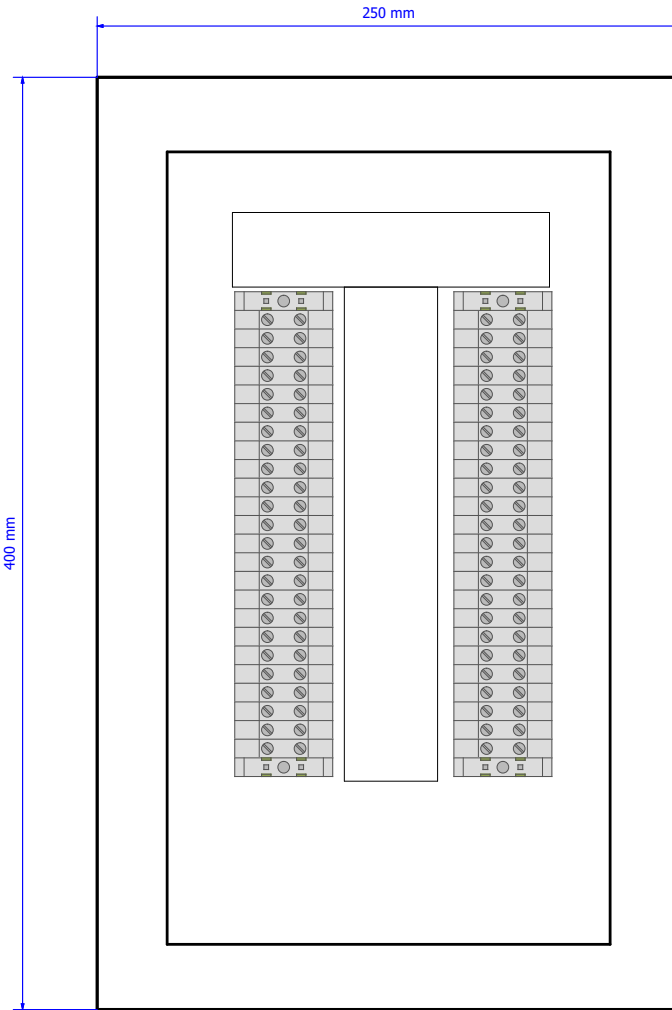


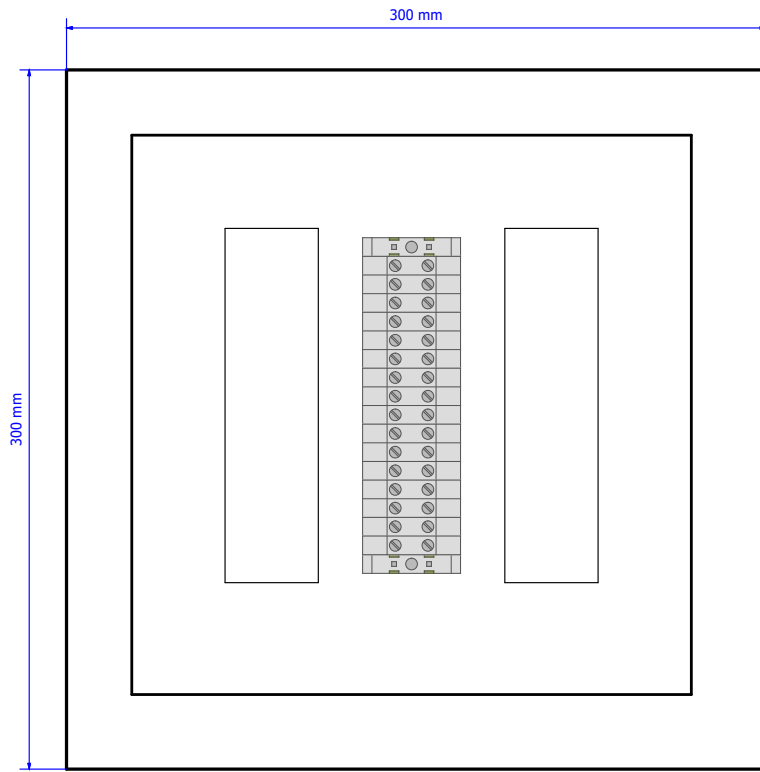
Autor Robert Ojeda	SMV: Esquema de Canalizaciones	Sistema de Monitoreo de Vibraciones	Edificio de proceso U2
		Negroven S.A	Tablero Flex I/O

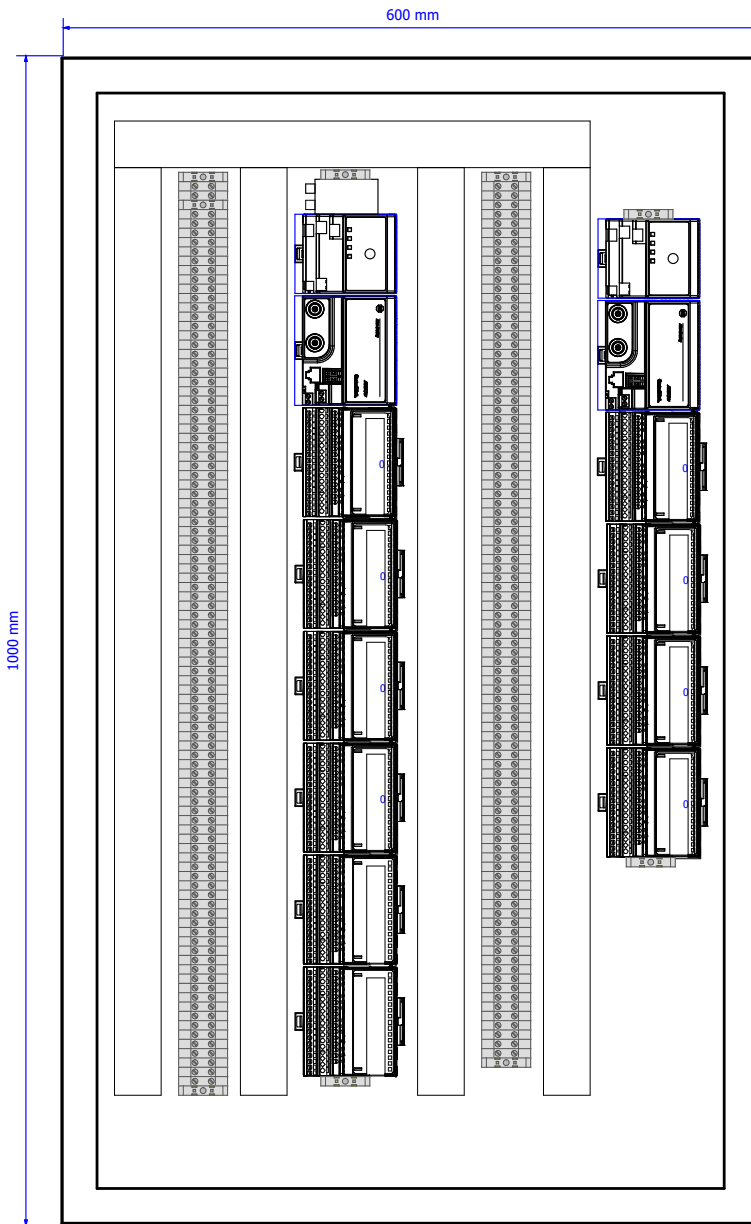




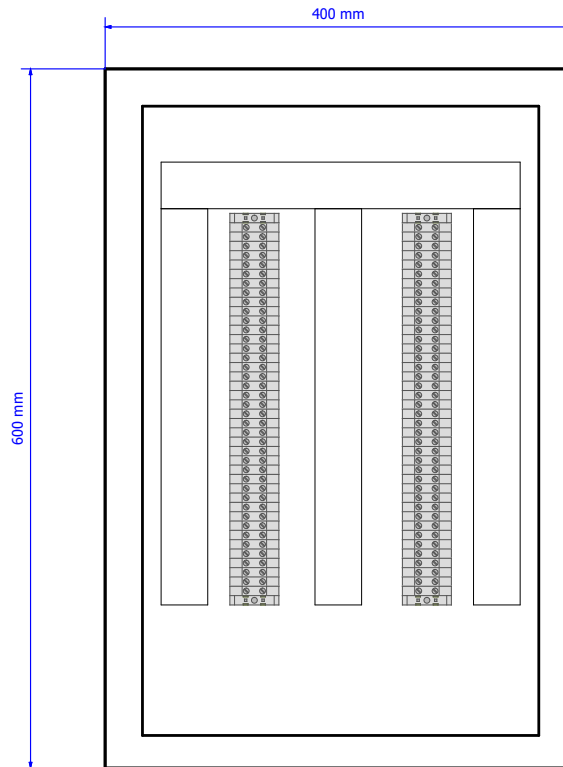


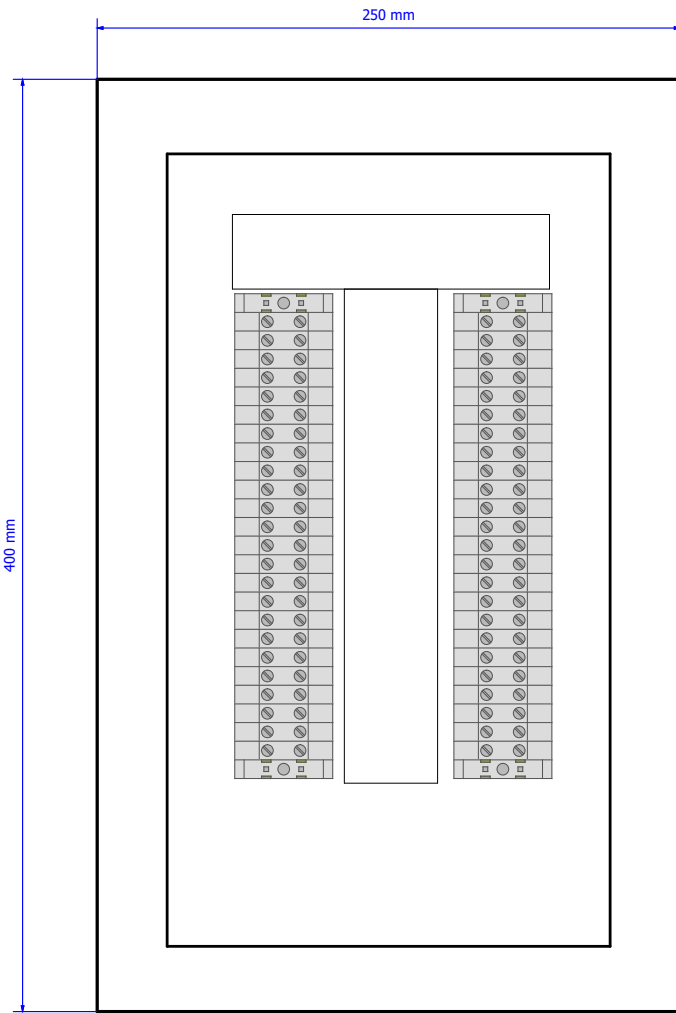


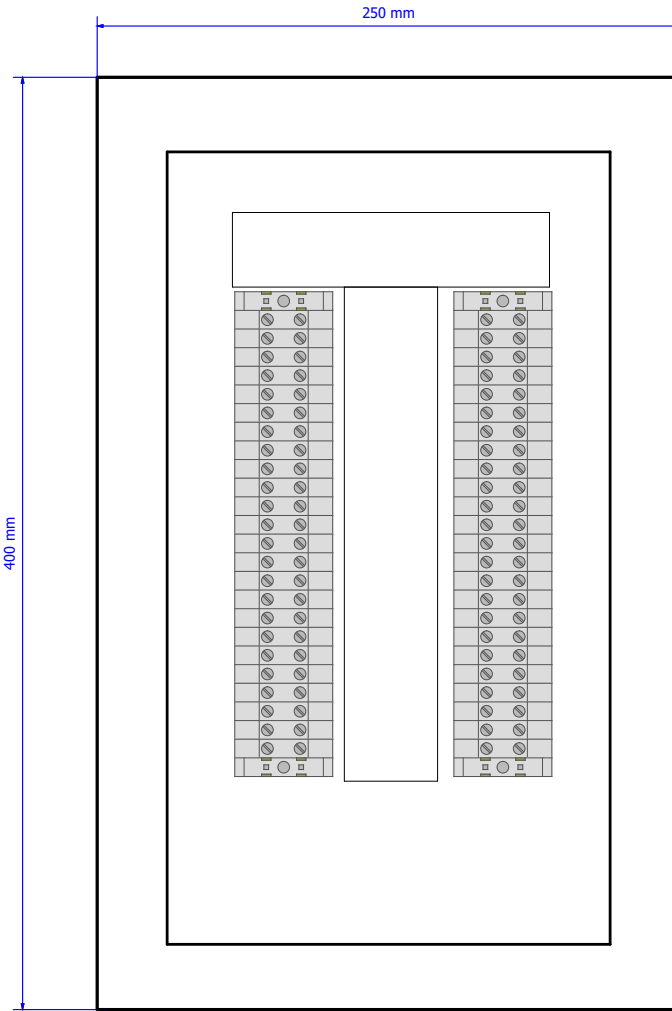


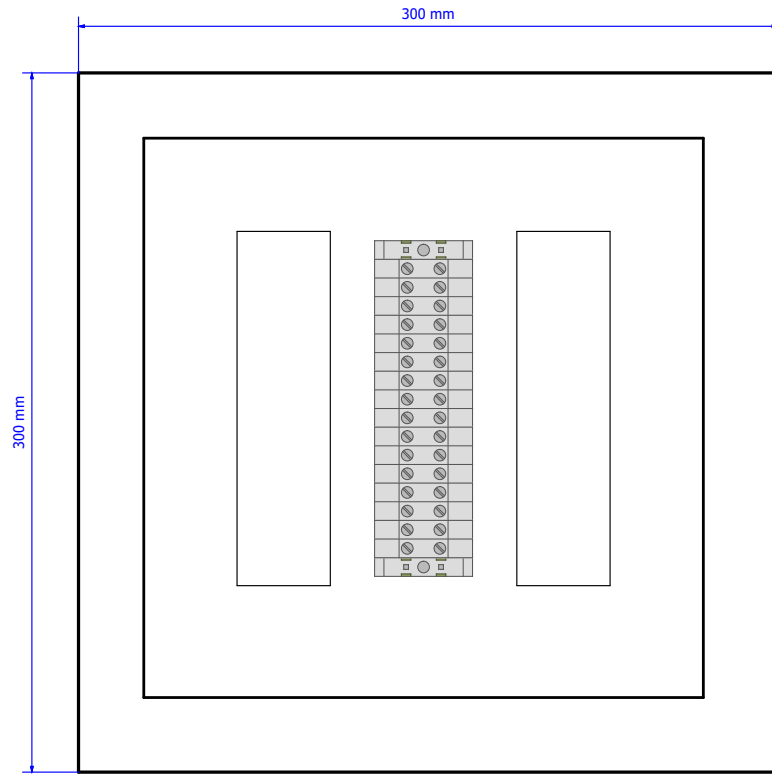


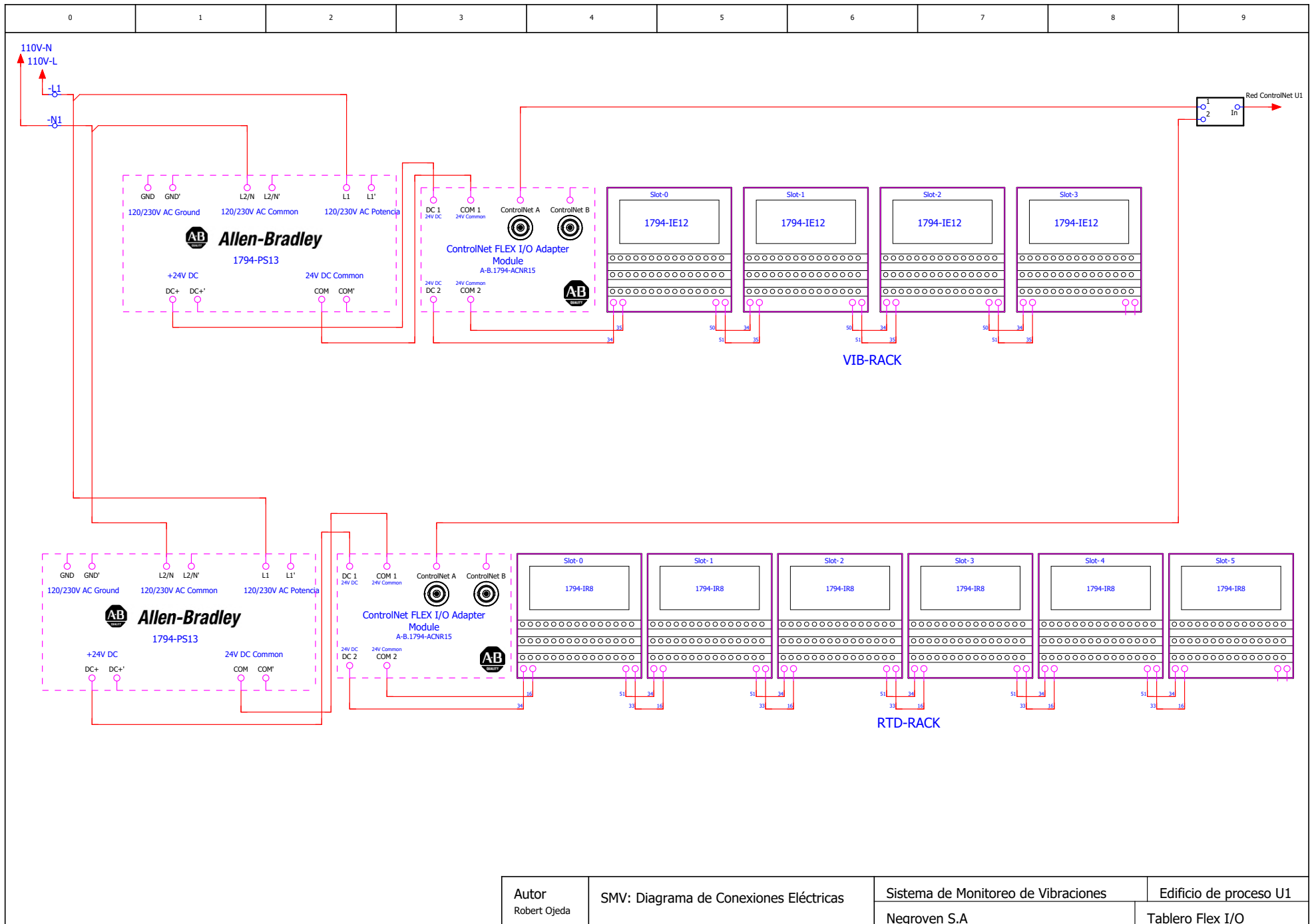
Autor Robert Ojeda	SMV: Tablero Flex IO	Sistema de Monitoreo de Vibraciones Negroven S.A	Edificio de proceso U2 Tablero Flex I/O
-----------------------	----------------------	---	--





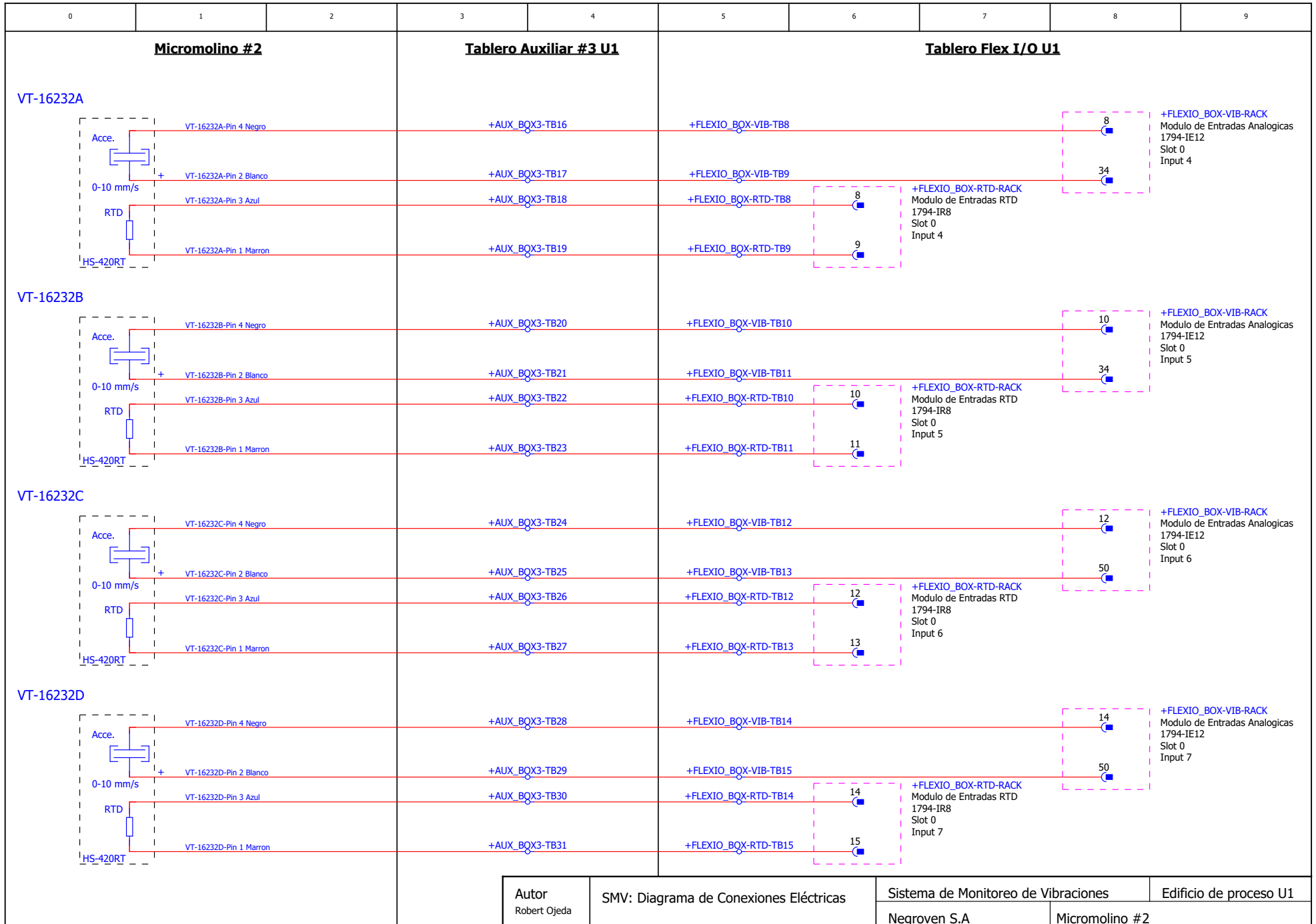






<p>Autor Robert Ojeda</p>	<p>SMV: Diagrama de Conexiones Eléctricas</p>	<p>Sistema de Monitoreo de Vibraciones Negroven S.A</p>	<p>Edificio de proceso U1 Tablero Flex I/O</p>
-------------------------------	---	---	--





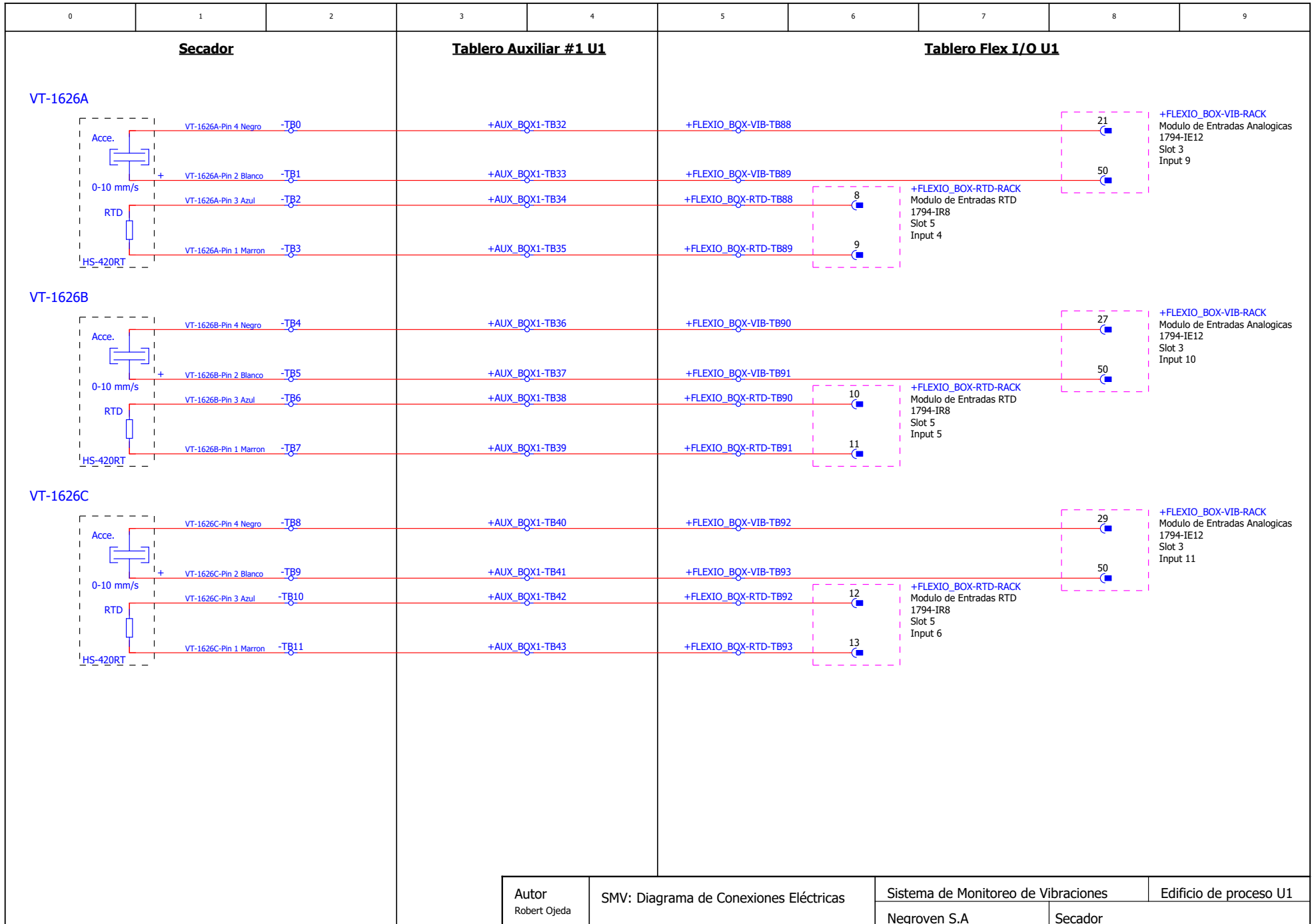


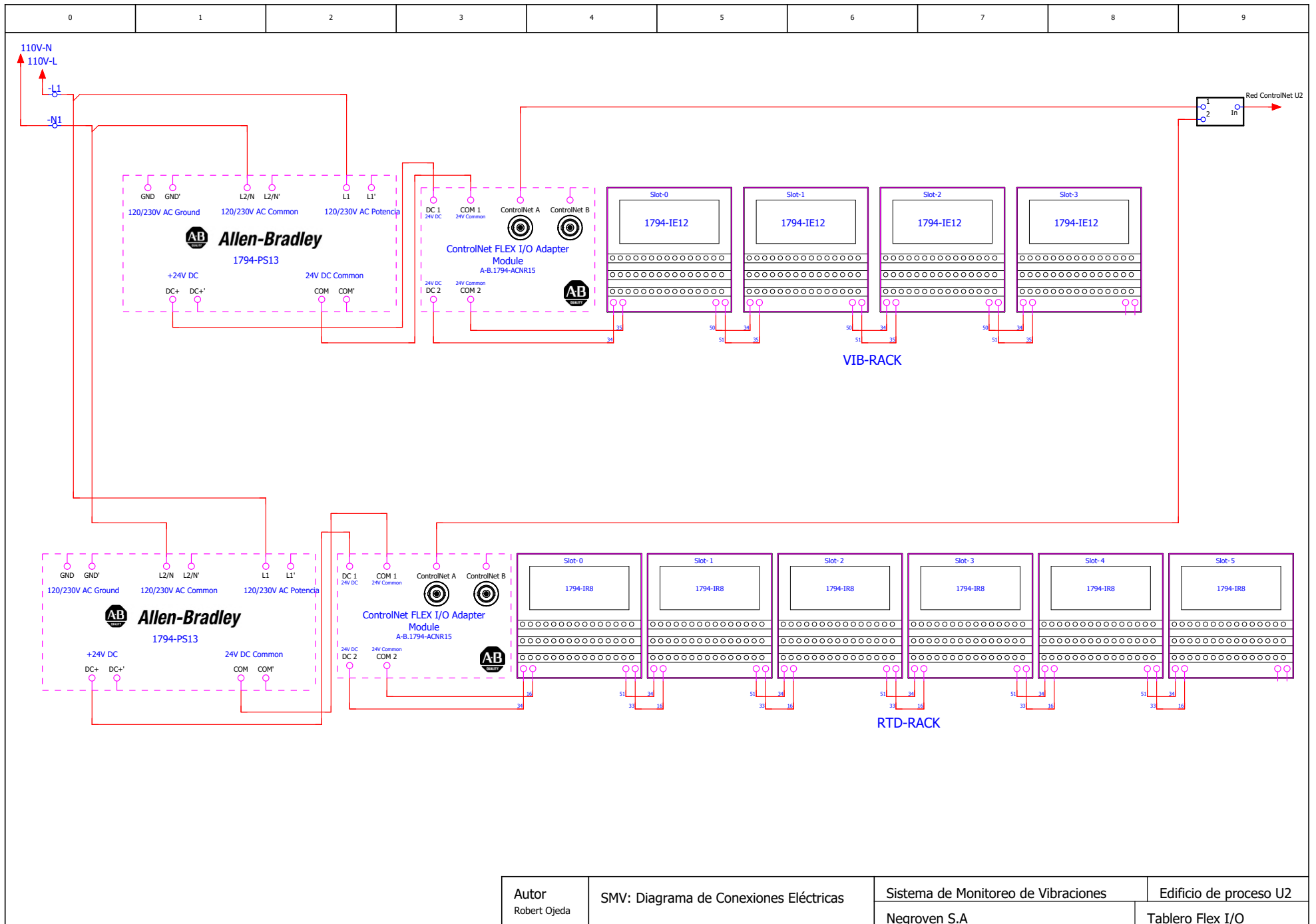




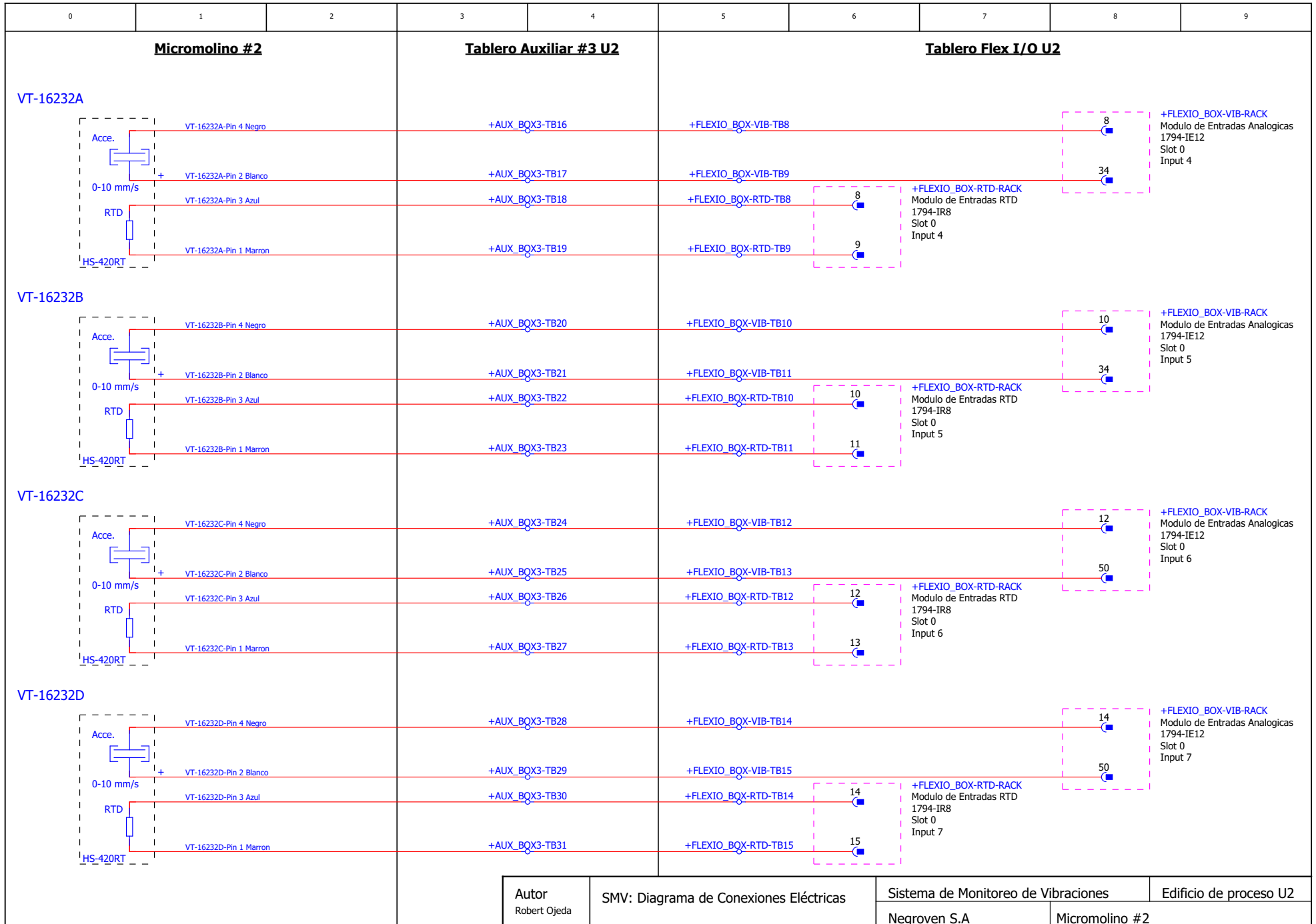






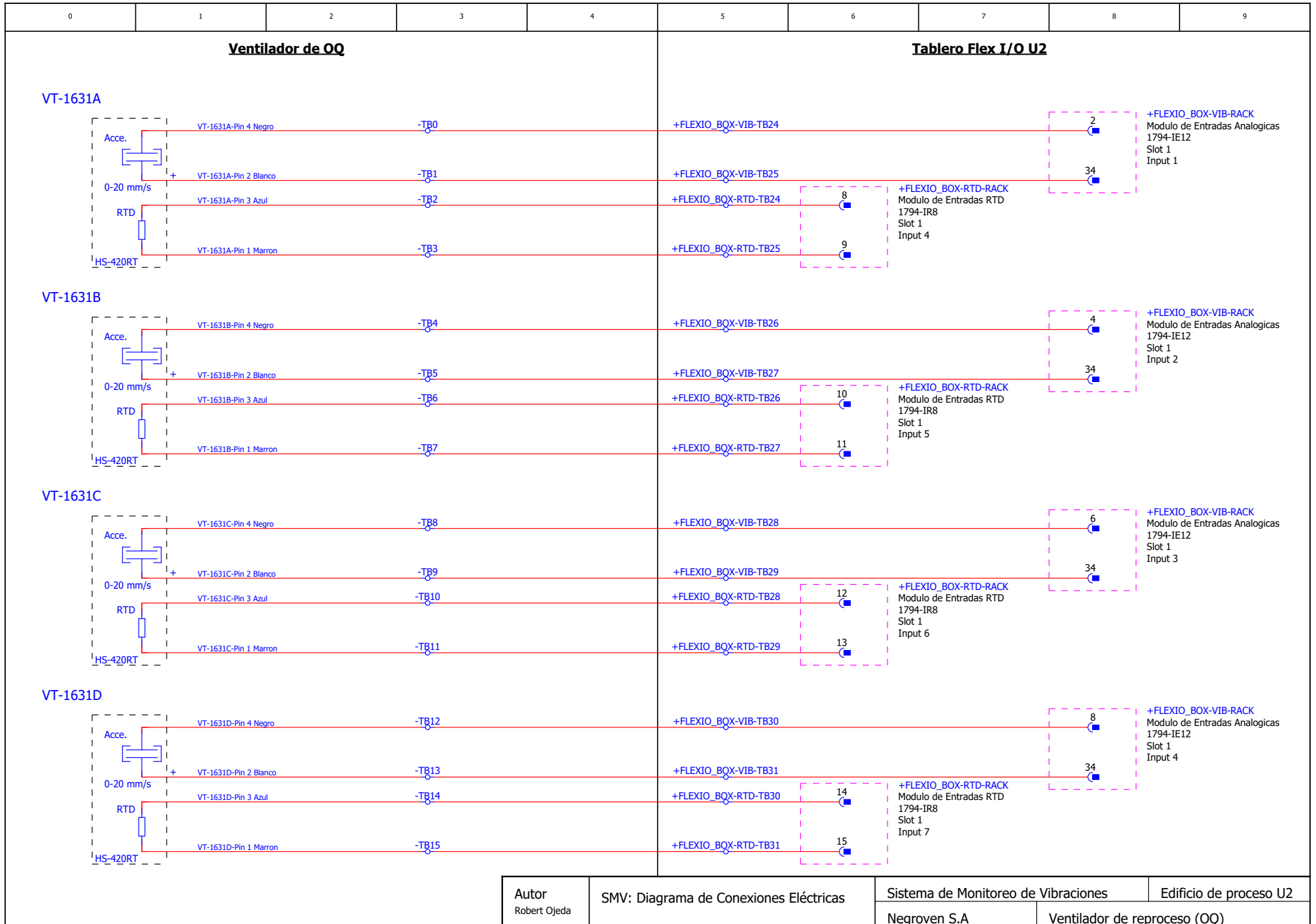


Autor Robert Ojeda	SMV: Diagrama de Conexiones Eléctricas	Sistema de Monitoreo de Vibraciones Negroven S.A	Edificio de proceso U2 Tablero Flex I/O
-----------------------	--	---	--



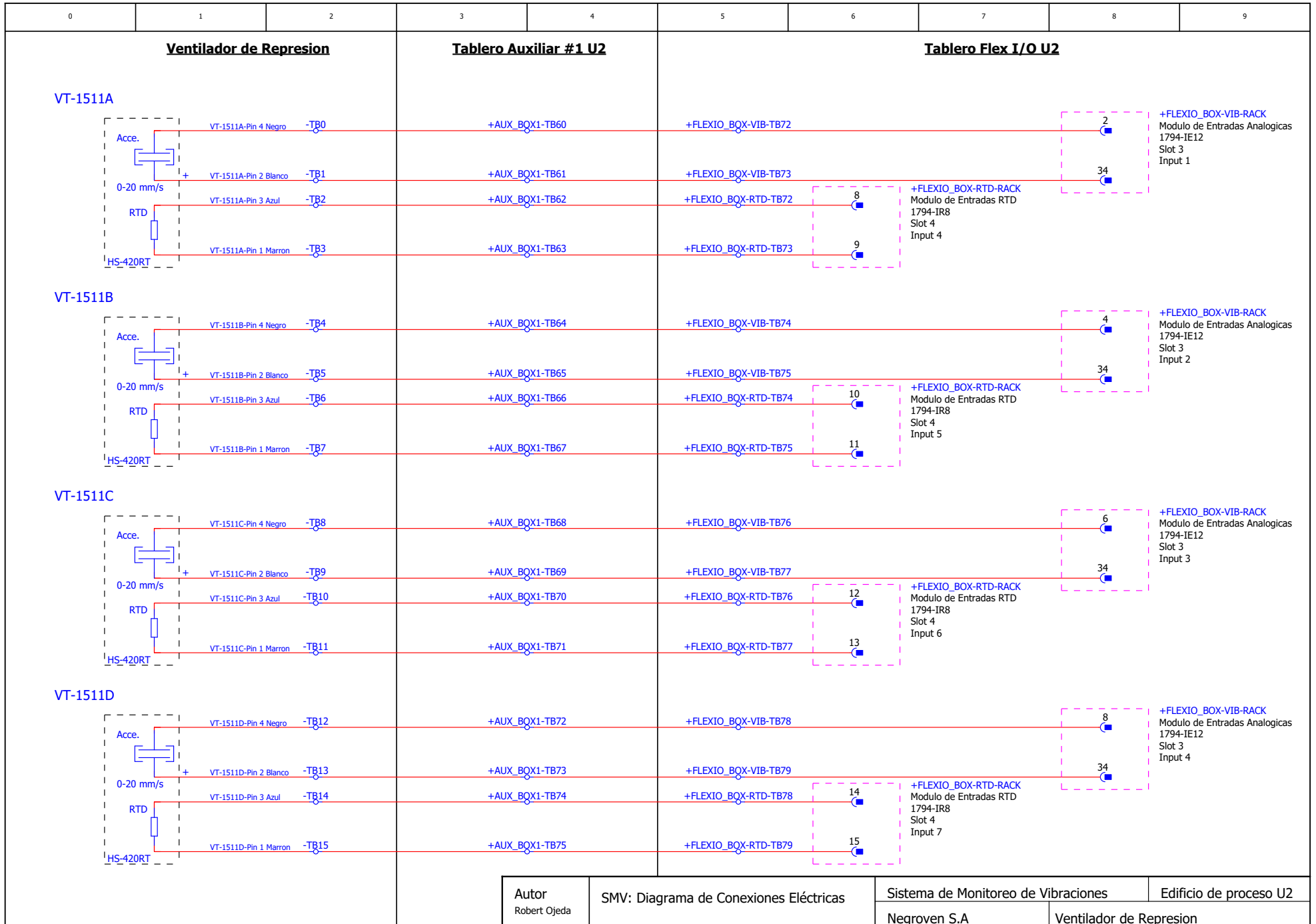


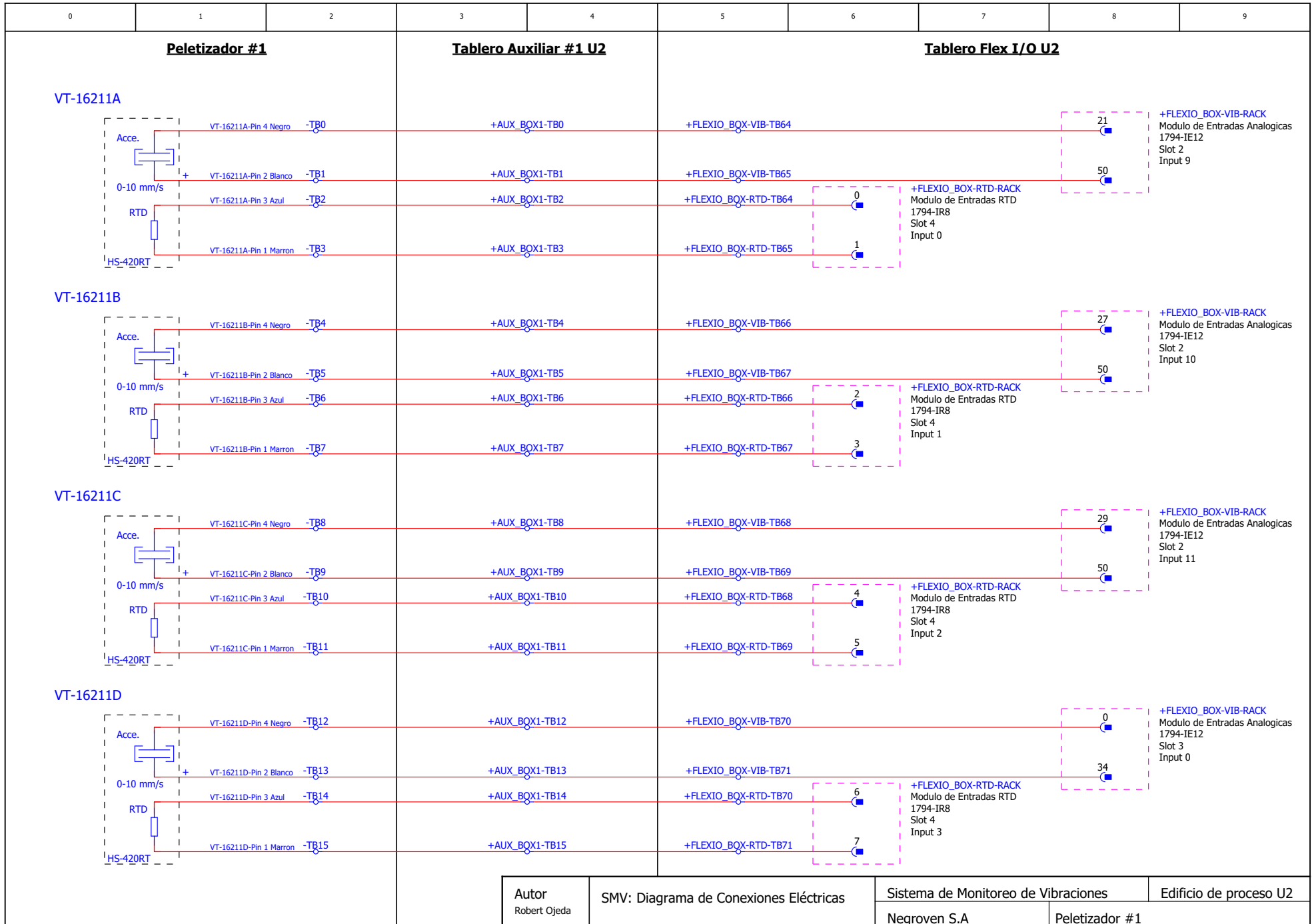


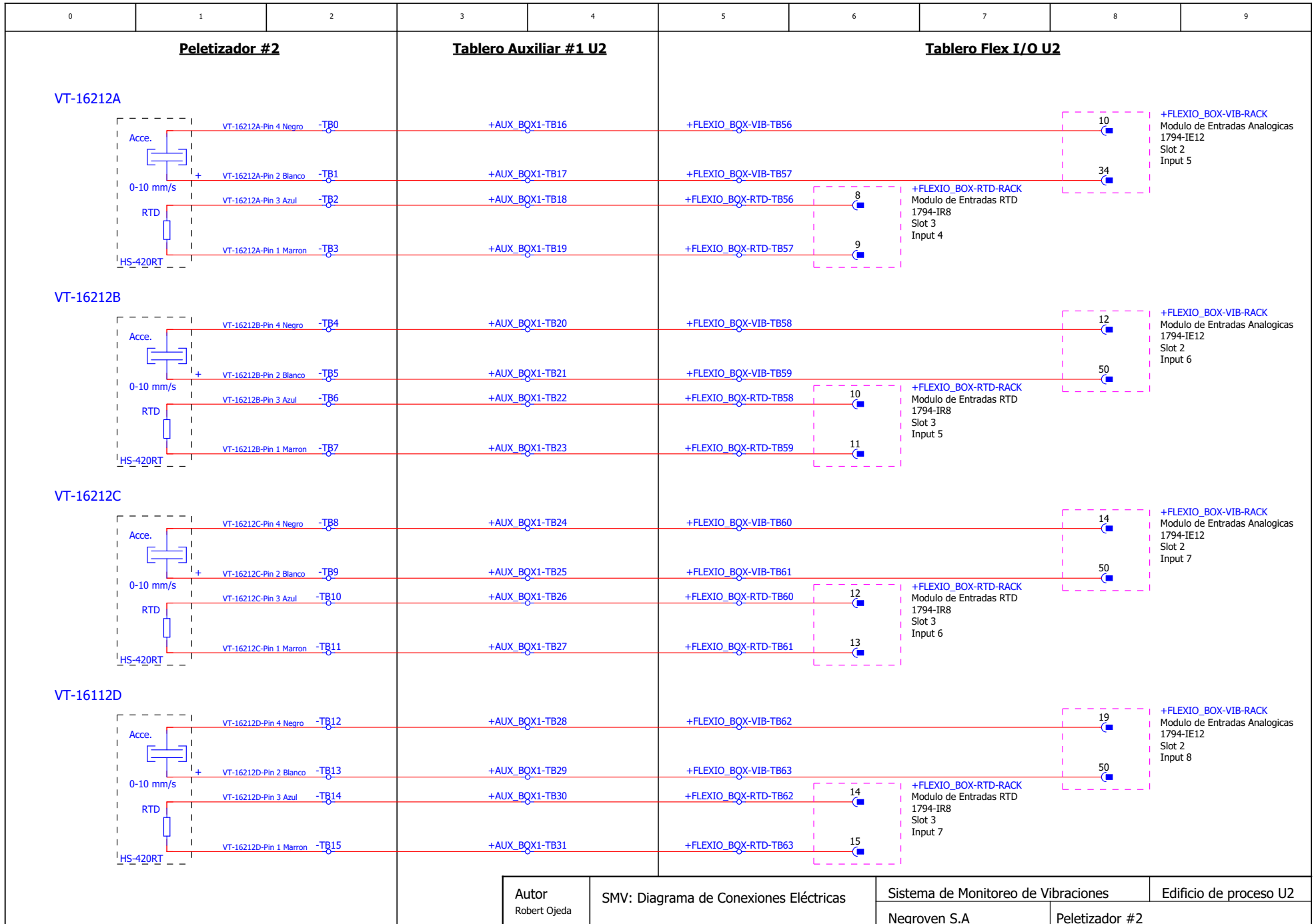










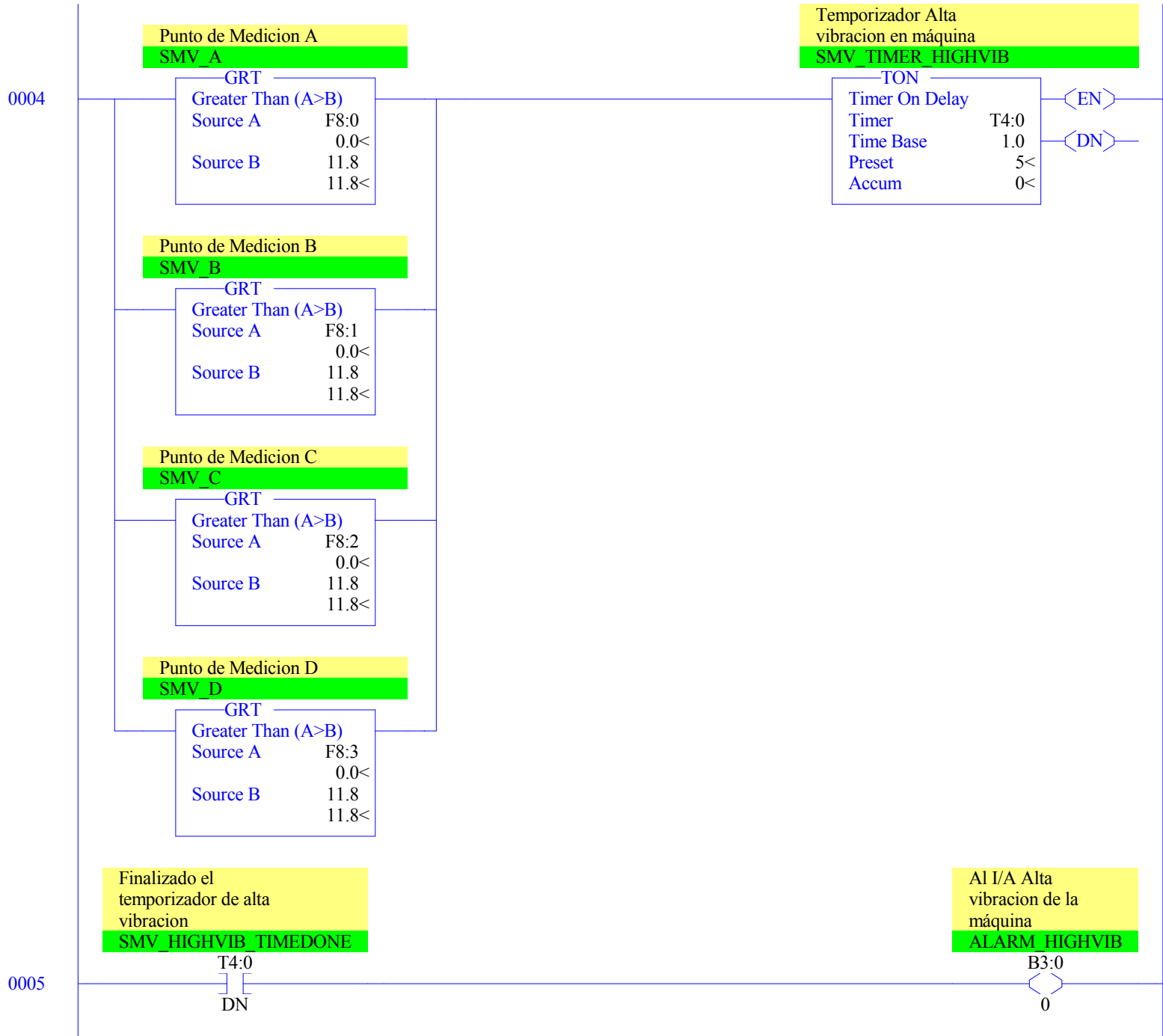


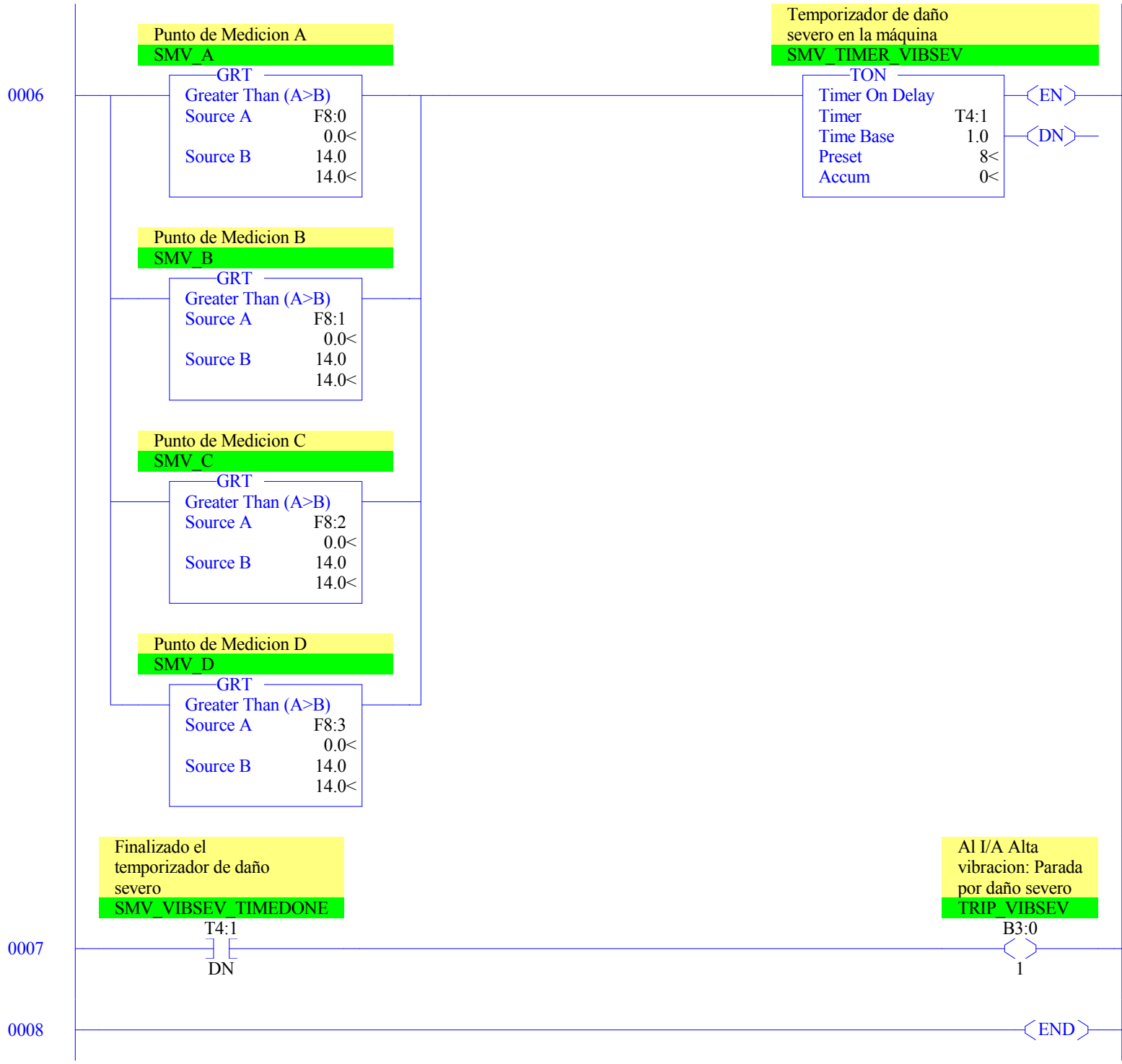


Anexo E.
Programa PLC para el monitoreo de una Máquina









Anexo F.
Estimación de Costos de Materiales



Lista de Materiales Necesarios para el sistema de monitoreo de vibraciones edificio de proceso U1					
Nº	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Acelerómetro HS-420RT, Modelo: HS-420-RT-010-54-02, Marca: Hansford Sensors	Pza	24	\$ 200,00	\$ 4.800,00
2	Acelerómetro HS-420RT, Modelo: HS-420-RT-020-54-02, Marca: Hansford Sensors	Pza	24	\$ 200,00	\$ 4.800,00
3	Módulo FLEX I/O de comunicación ControlNet redundante, Modelo: 1794-ACNR15, Marca: Allen Bradley	Pza	2	\$ 450,00	\$ 900,00
4	Módulo FLEX I/O de 12 entradas analógicas seleccionables, Modelo: 1794-IE12, Marca: Allen Bradley	Pza	4	\$ 570,00	\$ 2.280,00
5	Unidad Base Terminal, Modelo: 1794-TB3GS, Marca: Allen Bradley	Pza	4	\$ 290,00	\$ 1.160,00
6	Modulo FLEX I/O de 8 entradas RTD, Modelo: 1794-IR8, Marca: Allen Bradley	Pza	6	\$ 560,00	\$ 3.360,00
7	Conector en Y con cable coaxial para red ControlNet, Modelo: 1786-TPYS, Marca: Allen Bradley	Pza	1	\$ 170,00	\$ 170,00
8	Unidad Base Terminal, Modelo: 1794-TB3, Marca: Allen Bradley	Pza	6	\$ 65,00	\$ 390,00
9	Cable de conexión HS-AC, Modelo: HS-AC-492-010, Marca: Hansford Sensors	Pza	48	\$ 55,00	\$ 2.640,00
10	Fuente de poder 24Vdc, 1.3A, Modelo: 1794-PS13, Marca: Allen Bradley	Pza	2	\$ 215,00	\$ 430,00
11	Prensaestopa de 3/4" de acero	Pza	48	\$ 11,00	\$ 528,00
12	Tuberia conduit de Aluminio 1 1/2" con anillo, Longitud: 3m	Pza	15	\$ 37,95	\$ 569,25
13	Conduletas tipo LR 1 1/2" de Aluminio	Pza	11	\$ 44,85	\$ 493,35
14	Conduletas tipo LR 2" de Aluminio	Pza	6	\$ 65,00	\$ 390,00
15	Tuberia conduit de Aluminio 2" con anillo, Longitud: 3m	Pza	17	\$ 47,50	\$ 807,50
16	Tuberia flexible liquitight 2"	Metros	2	\$ 22,50	\$ 45,00
17	Conector recto de tuberia flexible liquitight 2"	Pza	4	\$ 6,03	\$ 24,12
18	Riel DIN simétrico bicromatizado, Longitud: 1.2m	Pza	3	\$ 6,85	\$ 20,55
19	Gabinete electrico 300X300X150 NEMA 3R con sistema de cierre mediante ganchos y doble fondo 240x140mm	Pza	9	\$ 61,00	\$ 549,00
20	Bornes terminales, capacidad: 20A, ancho: 5mm, modelo: MA2.5/5 o similar	Pza	550	\$ 0,57	\$ 313,50
21	Tope final de riel DIN simétrico, modelo: BAMH o similar	Pza	30	\$ 0,63	\$ 18,90
22	Gabinete electrico de 1000X600X400 mm NEMA 3R con sistema de cierre mediante ganchos	Pza	1	\$ 138,00	\$ 138,00
23	Gabinete electrico de 400x250x150 mm NEMA 3R con sistema de cierre mediante ganchos	Pza	2	\$ 103,00	\$ 206,00
24	Gabinete electrico de 600X400X200 NEMA 3R con sistema de cierre mediante ganchos	Pza	1	\$ 130,00	\$ 130,00
25	Cable ST 4x18 AWG TSN	Metros	2800	\$ 1,19	\$ 3.332,00
26	Cable conductor 16 AWG THW color blanco	Metros	50	\$ 0,37	\$ 18,50
27	Cable conductor 16 AWG THW color negro	Metros	50	\$ 0,37	\$ 18,50
28	Abrazaderas de 1 1/2" para perfiles con su tornillo y tuerca	Pza	90	\$ 0,75	\$ 67,50
29	Abrazaderas de 3/4" para perfiles con su tornillo y tuerca	Pza	90	\$ 0,53	\$ 47,70
30	Abrazaderas de 2" para perfiles con su tornillo y tuerca	Pza	100	\$ 2,28	\$ 228,00
31	Tuberia conduit de Aluminio 3/4" con anillo, Longitud: 3m	Pza	15	\$ 15,40	\$ 231,00
32	Conduleta tipo LR 3/4" de Aluminio	Pza	18	\$ 23,40	\$ 421,20
33	Perfil tipo Unistrut 2.4m pesado calibre 14	Pza	16	\$ 73,00	\$ 1.168,00
34	Conector hub 3/4"	Pza	36	\$ 13,00	\$ 468,00
35	Tuberia flexible liquitight 1-1/2"	Metros	4	\$ 11,40	\$ 45,60
36	Conector recto de tuberia flexible liquitight 1-1/2"	Pza	8	\$ 5,00	\$ 40,00
37	Tuberia conduit de Aluminio 1 " con anillo, Longitud: 3m	Pza	68	\$ 25,00	\$ 1.700,00
38	Abrazaderas de 1" para perfiles con su tornillo y tuerca	Pza	136	\$ 0,45	\$ 61,20
39	Terminal de Punta para cable 18AWG 100 und.	Pza	5	\$ 5,00	\$ 25,00
40	Conduleta tipo LR 1" de Aluminio	Pza	60	\$ 32,50	\$ 1.950,00
41	Anillo marca cable 100 und	Pza	10	\$ 2,00	\$ 20,00
42	Canaleta plastica 40x40	Pza	4	\$ 8,50	\$ 34,00
TOTAL:					\$ 35.039,37

Lista de Materiales Necesarios para el sistema de monitoreo de vibraciones edificio de proceso U2					
Nº	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Acelerómetro HS-420RT, Modelo: HS-420-RT-010-54-02, Marca: Hansford Sensors	Pza	24	\$ 200,00	\$ 4.800,00
2	Acelerómetro HS-420RT, Modelo: HS-420-RT-020-54-02, Marca: Hansford Sensors	Pza	24	\$ 200,00	\$ 4.800,00
3	Módulo FLEX I/O de comunicación ControlNet redundante, Modelo: 1794-ACNR15, Marca: Allen Bradley	Pza	2	\$ 450,00	\$ 900,00
4	Módulo FLEX I/O de 12 entradas analógicas seleccionables, Modelo: 1794-IE12, Marca: Allen Bradley	Pza	4	\$ 570,00	\$ 2.280,00
5	Unidad Base Terminal, Modelo: 1794-TB3GS, Marca: Allen Bradley	Pza	4	\$ 290,00	\$ 1.160,00
6	Modulo FLEX I/O de 8 entradas RTD, Modelo: 1794-IR8, Marca: Allen Bradley	Pza	6	\$ 560,00	\$ 3.360,00
7	Conector en Y con cable coaxial para red ControlNet, Modelo: 1786-TPYS, Marca: Allen Bradley	Pza	1	\$ 170,00	\$ 170,00
8	Unidad Base Terminal, Modelo: 1794-TB3, Marca: Allen Bradley	Pza	6	\$ 65,00	\$ 390,00
9	Cable de conexión HS-AC, Modelo: HS-AC-492-010, Marca: Hansford Sensors	Pza	48	\$ 55,00	\$ 2.640,00
10	Fuente de poder 24Vdc, 1.3A, Modelo: 1794-PS13, Marca: Allen Bradley	Pza	2	\$ 215,00	\$ 430,00
11	Prensaestopa de 3/4" de acero	Pza	48	\$ 11,00	\$ 528,00
12	Tuberia conduit de Aluminio 1 1/2" con anillo, Longitud: 3m	Pza	12	\$ 37,95	\$ 455,40
13	Conduletas tipo LR 1 1/2" de Aluminio	Pza	12	\$ 44,85	\$ 538,20
14	Conduletas tipo LR 2" de Aluminio	Pza	5	\$ 65,00	\$ 325,00
15	Tuberia conduit de Aluminio 2" con anillo, Longitud: 3m	Pza	14	\$ 47,50	\$ 665,00
16	Tuberia flexible liquitight 2"	Metros	2	\$ 22,50	\$ 45,00
17	Conector recto de tuberia flexible liquitight 2"	Pza	4	\$ 6,03	\$ 24,12
18	Riel DIN simétrico bicromatizado, Longitud: 1.2m	Pza	3	\$ 6,85	\$ 20,55
19	Gabinete electrico 300X300X150 NEMA 3R con sistema de cierre mediante ganchos y doble fondo 240x140mm	Pza	9	\$ 61,00	\$ 549,00
20	Bornes terminales, capacidad: 20A, ancho: 5mm, modelo: MA2.5/5 o similar	Pza	550	\$ 0,57	\$ 313,50
21	Tope final de riel DIN simétrico, modelo: BAMH o similar	Pza	30	\$ 0,63	\$ 18,90
22	Gabinete electrico de1000X600X400 mm NEMA 3R con sistema de cierre mediante ganchos	Pza	1	\$ 138,00	\$ 138,00
23	Gabinete electrico de 400x250x150 mm NEMA 3R con sistema de cierre mediante ganchos	Pza	2	\$ 103,00	\$ 206,00
24	Gabinete electrico de 600X400X200 NEMA 3R con sistema de cierre mediante ganchos	Pza	1	\$ 130,00	\$ 130,00
25	Cable ST 4x18 AWG TSN	Metros	2800	\$ 1,19	\$ 3.332,00
26	Cable conductor 16 AWG THW color blanco	Metros	50	\$ 0,37	\$ 18,50
27	Cable conductor 16 AWG THW color negro	Metros	50	\$ 0,37	\$ 18,50
28	Abrazaderas de 1 1/2" para perfiles con su tornillo y tuerca	Pza	70	\$ 0,75	\$ 52,50
29	Abrazaderas de 3/4" para perfiles con su tornillo y tuerca	Pza	90	\$ 0,53	\$ 47,70
30	Abrazaderas de 2" para perfiles con su tornillo y tuerca	Pza	80	\$ 2,28	\$ 182,40
31	Tuberia conduit de Aluminio 3/4" con anillo, Longitud: 3m	Pza	15	\$ 15,40	\$ 231,00
32	Conduleta tipo LR 3/4" de Aluminio	Pza	18	\$ 23,40	\$ 421,20
33	Perfil tipo Unistrut 2.4m pesado calibre 14	Pza	38	\$ 73,00	\$ 2.774,00
34	Conector hub 3/4"	Pza	36	\$ 13,00	\$ 468,00
35	Tuberia flexible liquitight 1-1/2"	Metros	4	\$ 11,40	\$ 45,60
36	Conector recto de tuberia flexible liquitight 1-1/2"	Pza	8	\$ 5,00	\$ 40,00
37	Tuberia conduit de Aluminio 1 " con anillo, Longitud: 3m	Pza	88	\$ 25,00	\$ 2.200,00
38	Abrazaderas de 1" para perfiles con su tornillo y tuerca	Pza	176	\$ 0,45	\$ 79,20
39	Terminal de Punta para cable 18AWG 100 und.	Pza	5	\$ 5,00	\$ 25,00
40	Conduleta tipo LR 1" de Aluminio	Pza	62	\$ 32,50	\$ 2.015,00
41	Anillo marca cable 100 und	Pza	10	\$ 2,00	\$ 20,00
42	Canaleta plastica 40x40	Pza	4	\$ 8,50	\$ 34,00
				TOTAL:	\$ 36.891,27

TOTAL: \$ 71.930,64

Anexo G.
Presupuesto y Análisis de PU U1



PRESUPUESTO

Pág N°: 1

Fecha: 18/05/2023

Obra: Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U1 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A.

<u>PARTIDA</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>P.U.</u>	<u>TOTAL \$</u>
1	INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA DE ALUMINIO CONDUIT, RIGIDO, CON ROSCA, COLGADA. DIAMETRO 1" Y CABLEADO	m	195,00	68,37	13.332,15
2	INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA DE ALUMINIO CONDUIT, RIGIDO, CON ROSCA, COLGADA. DIAMETRO 2" y CABLEADO	m	50,00	107,30	5.365,00
3	INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL DE 300x300x150 mm	und	9,00	255,67	2.301,03
4	INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL DE 400x250x150 mm	und	1,00	459,33	459,33
5	INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL DE 400x250x150 mm CON PRENSA ESTOPAS	und	1,00	656,67	656,67
6	INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL DE 600x400x200 mm	und	1,00	533,49	533,49
7	INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA DE ALUMINIO CONDUIT, RIGIDO, CON ROSCA, COLGADA. DIAMETRO 3/4"	m	45,00	71,86	3.233,70
8	INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL FLEX I/O	und	1,00	14.170,87	14.170,87
9	INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA LIQUID TIGHT, FLEXIBLE, DIAMETRO 2" .	m	2,00	64,88	129,76
10	INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA DE ALUMINIO CONDUIT, RIGIDO, CON ROSCA, COLGADA. DIAMETRO 1-1/2" Y CABLEADO .	m	45,00	92,26	4.151,70
11	INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA LIQUID TIGHT, FLEXIBLE, DIAMETRO 1-1/2" .	m	4,00	23,66	94,64
Total \$:					44.428,34

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida Nº 1
Consecutivo Nº 1

Descripción de la Obra:
Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U1 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A. **Código de la Obra:** SMVU1

Descripción Partida:
INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA DE ALUMINIO COUNDUIT, RIGIDO, CON ROSCA, COLGADA. DIAMETRO 1" Y CABLEADO

Código: 1U1	Código Covenin:	Unidad m	Cantidad 195,00 m	Rendimiento 30,000000 m/dia
-----------------------	------------------------	--------------------	-----------------------------	---------------------------------------

1.- MATERIALES						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
TUBQLIM	TUBERIA CONDUIT D=1" ALUMINIO L=3.00m con anillo	m	0,33333	5,00	25,00	8,75
PERF	PERFIL UNITRUT L= 2.4m Calibre 14	pieza	0,16666		73,00	12,17
MAT0093	ABRAZADERA MOROCHA DIAM. 1"	pieza	2,00000		0,45	0,90
CABLEST1	CABLE ST 4x18 AWG	m	4,00000	5,00	1,19	5,00
MAT0650	CAJA CONDULET TIPO LB/LL/LR, D=1" INC.TAPA Y EMPACADUR	pieza	0,30769		32,50	10,00
Total Materiales:						36,82
Unitario de Materiales:						36,82

2.- EQUIPOS					
Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU111	CINTA METRICA DE ACERO DE 5 m, MARCA STANLEY	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU389	LLAVE DE TUBO # 14 RIDGID	2,00000	60,00	0,010000	1,20
EQU577	SEGUETA AJUSTABLE	1,00000	15,00	0,010000	0,15
EQU624	TARRAJA DE 1/2" A 2"	1,00000	20,00	0,020000	0,40
EQU597	SOLDADORA DE CORRIENTE= 226 A, VOLTAJE= 110/220V	1,00000	150,00	0,003400	0,51
EQU285	ESCALERA TIPO TIJERA DE ALUMINIO DE 7 TRAMOS	1,00000	170,00	0,005000	0,85
EQU365	JUEGO DE LLAVES COMBINADAS DE HASTA 1-1/2"	1,00000	30,00	0,010000	0,30
EQU077	CARETA PARA SOLDAR CON VISERA	1,00000	20,00	0,010000	0,20
EQU608	TALADRO ELECT-MANDRIL 3/8" BOSCH 1800rpm 450w PERCUTO	1,00000	120,00	0,010000	1,20
Total Equipos:					4,91
Unitario de Equipos:					0,16

3.- MANO DE OBRA DIRECTA				
Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB087	OBRERO DE 1ra.	1,00000	8,00	8,00
MOB047	ELECTRICISTA DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB007	AYUDANTE	1,00000	10,00	10,00
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	0,50000	15,00	7,50
Total Mano de Obra Directa:				37,50

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

<u>Mano de Obra Directa:</u>	37,50
<u>600,00 % Prestaciones Sociales Directas:</u>	225,00
Total Mano de Obra:	262,50
Unitario Mano de Obra:	8,75
Costo Directo por Unidad:	45,73
15,00% Administración y Gastos Generales:	6,86
Sub-Total:	52,59
30,00% Utilidad e Imprevistos:	15,78

PRECIO UNITARIO \$	68,37
---------------------------	--------------

Total partida \$: 195,00 X 68,37 = 13.332,15

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N° 2
Consecutivo N° 2

Descripción de la Obra:

Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U1 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A.

Código de la Obra: SMVU1

Descripción Partida:

INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA DE ALUMINIO CONDUIT, RIGIDO, CON ROSCA, COLGADA. DIAMETRO 2" y CABLEADO

Código:	Código Covenin:	Unidad	Cantidad	Rendimiento
EDF1810		m	50,00 m	26,000000 m/día

1.- MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
PERF	PERFIL UNITRUT L= 2.4m Calibre 14	pieza	0,10000	5,00	73,00	7,67
MAT3212	TUBERIA CONDUIT D=2" ALUMINIO L=3.00m con anillo	m	0,33000	5,00	47,50	16,46
MAT0090	ABRAZADERA MOROCHA D=2" GALV.LIV.C/TORN.	pieza	2,00000		2,28	4,56
MAT0652	CAJA CONDULET TIPO LB/LL/LR, D=2" INC.TAPA Y EMPACADUR	pieza	0,12000		65,00	7,80
CABLEST1	CABLE ST 4x18 AWG	m	20,00000	5,00	1,19	24,99
Total Materiales:						61,48
Unitario de Materiales:						61,48

2.- EQUIPOS

Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU111	CINTA METRICA DE ACERO DE 5 m, MARCA STANLEY	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU389	LLAVE DE TUBO # 14 RIDGID	2,00000	60,00	0,010000	1,20
EQU577	SEGUETA AJUSTABLE	1,00000	15,00	0,010000	0,15
EQU624	TARRAJA DE 1/2" A 2"	1,00000	20,00	0,020000	0,40
EQU597	SOLDADORA DE CORRIENTE= 226 A, VOLTAJE= 110/220V	1,00000	150,00	0,003400	0,51
EQU285	ESCALERA TIPO TIJERA DE ALUMINIO DE 7 TRAMOS	1,00000	170,00	0,005000	0,85
EQU365	JUEGO DE LLAVES COMBINADAS DE HASTA 1-1/2"	1,00000	30,00	0,010000	0,30
EQU077	CARETA PARA SOLDAR CON VISERA	1,00000	20,00	0,010000	0,20
EQU608	TALADRO ELECT-MANDRIL 3/8" BOSCH 1800rpm 450w PERCUTO	1,00000	120,00	0,010000	1,20
Total Equipos:					4,91
Unitario de Equipos:					0,19

3.- MANO DE OBRA DIRECTA

Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB087	OBRERO DE 1ra.	1,00000	8,00	8,00
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	0,50000	15,00	7,50
MOB047	ELECTRICISTA DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB007	AYUDANTE	1,00000	10,00	10,00
Total Mano de Obra Directa:				37,50

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

<u>Mano de Obra Directa:</u>	37,50
600,00 % Prestaciones Sociales Directas:	225,00
Total Mano de Obra:	262,50
Unitario Mano de Obra:	10,10
Costo Directo por Unidad:	71,77
15,00% Administración y Gastos Generales:	10,77
Sub-Total:	82,54
30,00% Utilidad e Imprevistos:	24,76

PRECIO UNITARIO \$ 107,30

Total partida \$: 50,00 X 107,30 = 5.365,00

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N° 3
Consecutivo N° 3

Descripción de la Obra:

Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U1 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A.

Código de la Obra: SMVU1

Descripción Partida:

INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL DE 300x300x150 mm

Código:	Código Covenin:	Unidad	Cantidad	Rendimiento
CONT		und	9,00 und	8,000000 und/dia

1.- MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
BOR	BORNES TERMINALES, CAPACIDAD: 20A, ANCHO: 5mm	pieza	16,00000		0,57	9,12
BOR1	TOPE FINAL DE RIEL DIN SIMETRICO	pieza	2,00000		0,63	1,26
MAT2273	RIEL DIN SIMETRICO BIOCROMATADO, L=: 1.2m	pieza	0,13333	3,00	6,85	0,94
GAB	GABINETE ELECTRICO 300X300X150 NEMA 3R	pieza	1,00000		61,00	61,00
HUB2	CONECTOR HUB 3/4"	pieza	4,00000		13,00	52,00
CANM	CANAleta PLASTICA 40x40 mm	pieza	0,20000		8,50	1,70
TERM00	TERMINAL DE PUNTA PARA CABLE 18AWG	pieza	32,00000		0,05	1,60
MARCABL	ANILLO MARCA CABLE 100 Unidaes	pieza	1,00000		2,00	2,00
Total Materiales:						129,62
Unitario de Materiales:						129,62

2.- EQUIPOS

Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU003	ALICATE ELECTRICISTA DE 9"	1,00000	6,00	0,010000	0,06
EQU370	JUEGO DESTORNILLADORES DE 10 PZAS	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU077	CARETA PARA SOLDAR CON VISERA	1,00000	20,00	0,010000	0,20
EQU597	SOLDADORA DE CORRIENTE= 226 A, VOLTAJE= 110/220V	1,00000	150,00	0,003400	0,51
EQU495	PINZA PELACABLES TIPO AUTOMATICA	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU608	TALADRO ELECT-MANDRIL 3/8" BOSCH 1800rpm 450w PERCUTO	1,00000	120,00	0,010000	1,20
Total Equipos:					2,17
Unitario de Equipos:					0,27

3.- MANO DE OBRA DIRECTA

Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB007	AYUDANTE	2,00000	10,00	20,00
MOB144	SOLDADOR DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	1,00000	15,00	15,00
Total Mano de Obra Directa:				47,00

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

Mano de Obra Directa:	47,00
600,00 % Prestaciones Sociales Directas:	282,00
Total Mano de Obra:	329,00
Unitario Mano de Obra:	41,13
Costo Directo por Unidad:	171,02
15,00% Administración y Gastos Generales:	25,65
Sub-Total:	196,67
30,00% Utilidad e Imprevistos:	59,00

PRECIO UNITARIO \$ 255,67

Total partida \$: 9,00 X 255,67 = 2.301,03

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**Partida N° 4
Consecutivo N° 4**

Descripción de la Obra:
Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U1 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A. **Código de la Obra:** SMVU1

Descripción Partida:
INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL DE 400x250x150 mm

Código: CONT1	Código Covenin:	Unidad und	Cantidad 1,00 und	Rendimiento 2,000000 und/dia
-------------------------	------------------------	----------------------	-----------------------------	--

1.- MATERIALES						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
BOR	BORNES TERMINALES, CAPACIDAD: 20A, ANCHO: 5mm	pieza	48,00000		0,57	27,36
BOR1	TOPE FINAL DE RIEL DIN SIMETRICO	pieza	2,00000		0,63	1,26
MAT2273	RIEL DIN SIMETRICO BIOCROMATADO, L=: 1.2m	pieza	0,21666	3,00	6,85	1,53
TAB2	GABINETE ELECTRICO DE 400x250x150 mm NEMA 3R	pieza	1,00000		103,00	103,00
CANM	CANALETA PLASTICA 40x40 mm	pieza	0,20000		8,50	1,70
TERM00	TERMINAL DE PUNTA PARA CABLE 18AWG	pieza	96,00000		0,05	4,80
MARCABL	ANILLO MARCA CABLE 100 Unidaes	pieza	1,00000		2,00	2,00
Total Materiales:						141,65
Unitario de Materiales:						141,65

2.- EQUIPOS					
Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU003	ALICATE ELECTRICISTA DE 9"	1,00000	6,00	0,010000	0,06
EQU370	JUEGO DESTORNILLADORES DE 10 PZAS	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU077	CARETA PARA SOLDAR CON VISERA	1,00000	20,00	0,010000	0,20
EQU597	SOLDADORA DE CORRIENTE= 226 A, VOLTAJE= 110/220V	1,00000	150,00	0,003400	0,51
EQU495	PINZA PELACABLES TIPO AUTOMATICA	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU608	TALADRO ELECT-MANDRIL 3/8" BOSCH 1800rpm 450w PERCUTO	1,00000	120,00	0,010000	1,20
Total Equipos:					2,17
Unitario de Equipos:					1,09

3.- MANO DE OBRA DIRECTA				
Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	1,00000	15,00	15,00
MOB007	AYUDANTE	2,00000	10,00	20,00
MOB144	SOLDADOR DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
Total Mano de Obra Directa:				47,00

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

<u>Mano de Obra Directa:</u>	47,00
<u>600,00 % Prestaciones Sociales Directas:</u>	282,00
Total Mano de Obra:	329,00
Unitario Mano de Obra:	164,50
Costo Directo por Unidad:	307,24
15,00% Administración y Gastos Generales:	46,09
Sub-Total:	353,33
30,00% Utilidad e Imprevistos:	106,00

PRECIO UNITARIO \$	459,33
---------------------------	---------------

Total partida \$: 1,00 X 459,33 = 459,33

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N° 5
Consecutivo N° 5

Descripción de la Obra:

Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U1 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A.**Código de la Obra:** SMVU1**Descripción Partida:**

INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL DE 400x250x150 mm CON PRENSA ESTOPAS

Código:	Código Covenin:	Unidad	Cantidad	Rendimiento
CONT2		und	1,00 und	2,000000 und/dia

1.- MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
BOR	BORNES TERMINALES, CAPACIDAD: 20A, ANCHO: 5mm	pieza	48,00000		0,57	27,36
BOR1	TOPE FINAL DE RIEL DIN SIMETRICO	pieza	2,00000		0,63	1,26
MAT2273	RIEL DIN SIMETRICO BIOCROMATADO, L=: 1.2m	pieza	0,21666	3,00	6,85	1,53
TAB2	GABINETE ELECTRICO DE 400x250x150 mm NEMA 3R	pieza	1,00000		103,00	103,00
PRESTOP	PRENSA ESTOPA 3/4"	pieza	12,00000		11,00	132,00
CANM	CANAleta PLASTICA 40x40 mm	pieza	0,20000		8,50	1,70
TERM00	TERMINAL DE PUNTA PARA CABLE 18AWG	pieza	96,00000		0,05	4,80
MARCABL	ANILLO MARCA CABLE 100 Unidaes	pieza	1,00000		2,00	2,00
Total Materiales:						273,65
Unitario de Materiales:						273,65

2.- EQUIPOS

Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU003	ALICATE ELECTRICISTA DE 9"	1,00000	6,00	0,010000	0,06
EQU370	JUEGO DESTORNILLADORES DE 10 PZAS	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU077	CARETA PARA SOLDAR CON VISERA	1,00000	20,00	0,010000	0,20
EQU597	SOLDADORA DE CORRIENTE= 226 A, VOLTAJE= 110/220V	1,00000	150,00	0,003400	0,51
EQU495	PINZA PELACABLES TIPO AUTOMATICA	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU608	TALADRO ELECT-MANDRIL 3/8" BOSCH 1800rpm 450w PERCUTO	1,00000	120,00	0,010000	1,20
Total Equipos:					2,17
Unitario de Equipos:					1,09

3.- MANO DE OBRA DIRECTA

Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB007	AYUDANTE	2,00000	10,00	20,00
MOB144	SOLDADOR DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	1,00000	15,00	15,00
Total Mano de Obra Directa:				47,00

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

Mano de Obra Directa:	47,00
600,00 % Prestaciones Sociales Directas:	282,00
Total Mano de Obra:	329,00
Unitario Mano de Obra:	164,50
Costo Directo por Unidad:	439,24
15,00% Administración y Gastos Generales:	65,89
Sub-Total:	505,13
30,00% Utilidad e Imprevistos:	151,54

PRECIO UNITARIO \$	656,67
---------------------------	---------------

Total partida \$: 1,00 X 656,67 = 656,67

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida Nº 6
Consecutivo Nº 6

Descripción de la Obra:

Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U1 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A.**Código de la Obra:** SMVU1**Descripción Partida:**

INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL DE 600x400x200 mm

Código:	Código Covenin:	Unidad	Cantidad	Rendimiento
CONT3		und	1,00 und	2,000000 und/dia

1.- MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
BOR	BORNES TERMINALES, CAPACIDAD: 20A, ANCHO: 5mm	pieza	80,00000		0,57	45,60
BOR1	TOPE FINAL DE RIEL DIN SIMETRICO	pieza	2,00000		0,63	1,26
MAT2273	RIEL DIN SIMETRICO BIOCROMATADO, L=: 1.2m	pieza	0,38333	3,00	6,85	2,70
GAB2	GABINETE ELECTRICO 600X400X200 mm NEMA 3R	pieza	1,00000		130,00	130,00
CANM	CANALETA PLASTICA 40x40 mm	pieza	0,20000		8,50	1,70
MARCABL	ANILLO MARCA CABLE 100 Unidaes	pieza	1,00000		2,00	2,00
TERM00	TERMINAL DE PUNTA PARA CABLE 18AWG	pieza	160,00000		0,05	8,00
Total Materiales:						191,26
Unitario de Materiales:						191,26

2.- EQUIPOS

Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU003	ALICATE ELECTRICISTA DE 9"	1,00000	6,00	0,010000	0,06
EQU370	JUEGO DESTORNILLADORES DE 10 PZAS	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU077	CARETA PARA SOLDAR CON VISERA	1,00000	20,00	0,010000	0,20
EQU597	SOLDADORA DE CORRIENTE= 226 A, VOLTAJE= 110/220V	1,00000	150,00	0,003400	0,51
EQU495	PINZA PELACABLES TIPO AUTOMATICA	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU608	TALADRO ELECT-MANDRIL 3/8" BOSCH 1800rpm 450w PERCUTO	1,00000	120,00	0,010000	1,20
Total Equipos:					2,17
Unitario de Equipos:					1,09

3.- MANO DE OBRA DIRECTA

Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB007	AYUDANTE	2,00000	10,00	20,00
MOB144	SOLDADOR DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	1,00000	15,00	15,00
Total Mano de Obra Directa:				47,00

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

<u>Mano de Obra Directa:</u>	47,00
<u>600,00 % Prestaciones Sociales Directas:</u>	282,00
Total Mano de Obra:	329,00
Unitario Mano de Obra:	164,50
Costo Directo por Unidad:	356,85
15,00% Administración y Gastos Generales:	53,53
Sub-Total:	410,38
30,00% Utilidad e Imprevistos:	123,11

PRECIO UNITARIO \$	533,49
---------------------------	---------------

Total partida \$: 1,00 X 533,49 = 533,49

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N° 7
Consecutivo N° 7

Descripción de la Obra:
Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U1 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A. **Código de la Obra:** SMVU1

Descripción Partida:
INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA DE ALUMINIO CONDUIT, RIGIDO, CON ROSCA, COLGADA. DIAMETRO 3/4"

Código:	Código Covenin:	Unidad	Cantidad	Rendimiento
EDF1811		m	45,00 m	35,000000 m/día

1.- MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
MAT0654	CAJA CONDULET TIPO LB/LL/LR, D=3/4" INC/TAPA Y EMPACAD.	pieza	0,40000		23,40	9,36
MAT0091	ABRAZADERA MOROCHA D=3/4"GALV.LIV.C/TORN.	pieza	2,00000		0,53	1,06
TUBALUM	TUBERIA CONDUIT D=3/4" ALUMINIO L=3.00m con anillo	m	0,33000	5,00	15,40	5,34
PERF	PERFIL UNITRUT L= 2.4m Calibre 14	pieza	0,16667		73,00	12,17
PRESTOP	PRENSA ESTOPA 3/4"	pieza	1,06666		11,00	11,73
Total Materiales:						39,66
Unitario de Materiales:						39,66

2.- EQUIPOS

Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU624	TARRAJA DE 1/2" A 2"	1,00000	20,00	0,020000	0,40
EQU597	SOLDADORA DE CORRIENTE= 226 A, VOLTAJE= 110/220V	1,00000	150,00	0,003400	0,51
EQU285	ESCALERA TIPO TIJERA DE ALUMINIO DE 7 TRAMOS	1,00000	170,00	0,005000	0,85
EQU365	JUEGO DE LLAVES COMBINADAS DE HASTA 1-1/2"	1,00000	30,00	0,010000	0,30
EQU077	CARETA PARA SOLDAR CON VISERA	1,00000	20,00	0,010000	0,20
EQU111	CINTA METRICA DE ACERO DE 5 m, MARCA STANLEY	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU389	LLAVE DE TUBO # 14 RIDGID	2,00000	60,00	0,010000	1,20
EQU577	SEGUETA AJUSTABLE	1,00000	15,00	0,010000	0,15
Total Equipos:					3,71
Unitario de Equipos:					0,11

3.- MANO DE OBRA DIRECTA

Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB144	SOLDADOR DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	0,50000	15,00	7,50
MOB047	ELECTRICISTA DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB007	AYUDANTE	1,00000	10,00	10,00
Total Mano de Obra Directa:				41,50

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

Mano de Obra Directa:	41,50
600,00 % Prestaciones Sociales Directas:	249,00
Total Mano de Obra:	290,50
Unitario Mano de Obra:	8,30
Costo Directo por Unidad:	48,07
15,00% Administración y Gastos Generales:	7,21
Sub-Total:	55,28
30,00% Utilidad e Imprevistos:	16,58

PRECIO UNITARIO \$ 71,86

Total partida \$: 45,00 X 71,86 = 3.233,70

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida Nº 8
Consecutivo Nº 8

Descripción de la Obra:
Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U1 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A. **Código de la Obra:** SMVU1

Descripción Partida:
INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL FLEX I/O

Código: CONT4	Código Covenin:	Unidad und	Cantidad 1,00 und	Rendimiento 1,000000 und/dia
-------------------------	------------------------	----------------------	-----------------------------	--

1.- MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
BOR	BORNES TERMINALES, CAPACIDAD: 20A, ANCHO: 5mm	pieza	192,00000		0,57	109,44
BOR1	TOPE FINAL DE RIEL DIN SIMETRICO	pieza	9,00000		0,63	5,67
MAT2273	RIEL DIN SIMETRICO BIOCROMATADO, L=: 1.2m	pieza	2,86666	3,00	6,85	20,23
GAB3	GABINETE ELECTRICO DE1000X600X400 mm NEMA 3R	pieza	1,00000		138,00	138,00
AB1	MÓDULO FLEX I/O 1794-ACNR15 ALLEN BRADLEY	pieza	2,00000		450,00	900,00
AB2	MÓDULO FLEX I/O 1794-IE12 ALLEN BRADLEY	pieza	4,00000		570,00	2.280,00
AB3	MÓDULO FLEX I/O 1794-IR8 ALLEN BRADLEY	pieza	6,00000		560,00	3.360,00
AB4	MÓDULO FLEX I/O 1794-TB3GS ALLEN BRADLEY	pieza	4,00000		290,00	1.160,00
AB5	CABLE CONTROLNET 1786-TPYS, ALLEN BRADLEY	pieza	1,00000		170,00	170,00
AB6	MÓDULO FLEX I/O 1794-TB3 ALLEN BRADLEY	pieza	6,00000		65,00	390,00
AB7	MÓDULO FLEX I/O 1794-PS13 ALLEN BRADLEY	pieza	2,00000		215,00	430,00
CABROL	CABLE THW # 16 AWG 100m	pieza	0,15000	5,00	37,00	5,83
CANM	CANALETA PLASTICA 40x40 mm	pieza	1,80000		8,50	15,30
TERM00	TERMINAL DE PUNTA PARA CABLE 18AWG	pieza	384,00000		0,05	19,20
MARCABL	ANILLO MARCA CABLE 100 Unidaes	pieza	2,00000		2,00	4,00
Total Materiales:						9.007,67
Unitario de Materiales:						9.007,67

2.- EQUIPOS

Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU003	ALICATE ELECTRICISTA DE 9"	1,00000	6,00	0,010000	0,06
EQU370	JUEGO DESTORNILLADORES DE 10 PZAS	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU077	CARETA PARA SOLDAR CON VISERA	1,00000	20,00	0,010000	0,20
EQU597	SOLDADORA DE CORRIENTE= 226 A, VOLTAJE= 110/220V	1,00000	150,00	0,003400	0,51
EQU495	PINZA PELACABLES TIPO AUTOMATICA	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU608	TALADRO ELECT-MANDRIL 3/8" BOSCH 1800rpm 450w PERCUTO	1,00000	120,00	0,010000	1,20
Total Equipos:					2,17
Unitario de Equipos:					2,17

3.- MANO DE OBRA DIRECTA

Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB056	INGENIERO ELECTRICISTA	0,50000	40,00	20,00
MOB007	AYUDANTE	2,00000	10,00	20,00
MOB144	SOLDADOR DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	1,00000	15,00	15,00
Total Mano de Obra Directa:				67,00

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

<u>Mano de Obra Directa:</u>	67,00
<u>600,00 % Prestaciones Sociales Directas:</u>	402,00
Total Mano de Obra:	469,00
Unitario Mano de Obra:	469,00
Costo Directo por Unidad:	9.478,84
15,00% Administración y Gastos Generales:	1.421,83
Sub-Total:	10.900,67
30,00% Utilidad e Imprevistos:	3.270,20

PRECIO UNITARIO \$ 14.170,87

Total partida \$: 1,00 X 14.170,87 = 14.170,87

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida Nº 9

Descripción de la Obra:
Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U1 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A.

Código de la Obra: SMVU1

Descripción Partida:

INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA LIQUID TIGHT, FLEXIBLE, DIAMETRO 2" .

Código: EDF1812	Código Covenin:	Unidad m	Cantidad 2,00 m	Rendimiento 30,000000 m/dia
---------------------------	------------------------	--------------------	---------------------------	---------------------------------------

1.- MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
LIQU1	TUBERIA FLEXIBLE LIQUID TIGHT D=2"	m	1,00000		22,50	22,50
MAT1015	CONECTOR RECTO LIQUID TIGHT DIAM. 2"	pieza	2,00000		6,03	12,06
Total Materiales:						34,56
Unitario de Materiales:						34,56

2.- EQUIPOS

Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU111	CINTA METRICA DE ACERO DE 5 m, MARCA STANLEY	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU389	LLAVE DE TUBO # 14 RIDGID	2,00000	60,00	0,010000	1,20
EQU577	SEGUETA AJUSTABLE	1,00000	15,00	0,010000	0,15
EQU624	TARRAJA DE 1/2" A 2"	1,00000	20,00	0,020000	0,40
EQU285	ESCALERA TIPO TIJERA DE ALUMINIO DE 7 TRAMOS	1,00000	170,00	0,005000	0,85
Total Equipos:					2,70
Unitario de Equipos:					0,09

3.- MANO DE OBRA DIRECTA

Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB087	OBRERO DE 1ra.	1,00000	8,00	8,00
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	0,50000	15,00	7,50
MOB047	ELECTRICISTA DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB007	AYUDANTE	1,00000	10,00	10,00
Total Mano de Obra Directa:				37,50

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

<u>Mano de Obra Directa:</u>	37,50
<u>600,00 % Prestaciones Sociales Directas:</u>	225,00
Total Mano de Obra:	262,50
Unitario Mano de Obra:	8,75
Costo Directo por Unidad:	43,40
15,00% Administración y Gastos Generales:	6,51
Sub-Total:	49,91
30,00% Utilidad e Imprevistos:	14,97

PRECIO UNITARIO \$ 64,88

Total partida \$: 2,00 X 64,88 = 129,76

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N° 10

Descripción de la Obra:
Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U1 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A. **Código de la Obra:** SMVU1

Descripción Partida:
INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA DE ALUMINIO CONDUIT, RIGIDO, CON ROSCA, COLGADA. DIAMETRO 1-1/2" Y CABLEADO .

Código:	Código Covenin:	Unidad	Cantidad	Rendimiento
EDF1813		m	45,00 m	32,000000 m/día

1.- MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
PERF	PERFIL UNITRUT L= 2.4m Calibre 14	pieza	0,16666	2,00	73,00	12,41
CABLEST1	CABLE ST 4x18 AWG	m	12,00000	5,00	1,19	14,99
MAT3211	TUBERIA CONDUIT D=1-1/2" ALUMINIO L=3.00m con anillo	m	0,33333		37,95	12,65
MAT0088	ABRAZADERA MOROCHA D=1-1/2"GALV.LIV.C/TO.	pieza	2,00000		0,75	1,50
CONDU112	CONDULETAS TIPO LR DE 1 1/2" DE ALUMINIO	pza	0,24444		44,85	10,96
Total Materiales:						52,51
Unitario de Materiales:						52,51

2.- EQUIPOS

Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU111	CINTA METRICA DE ACERO DE 5 m, MARCA STANLEY	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU389	LLAVE DE TUBO # 14 RIDGID	2,00000	60,00	0,010000	1,20
EQU577	SEGUETA AJUSTABLE	1,00000	15,00	0,010000	0,15
EQU624	TARRAJA DE 1/2" A 2"	1,00000	20,00	0,020000	0,40
EQU597	SOLDADORA DE CORRIENTE= 226 A, VOLTAJE= 110/220V	1,00000	150,00	0,003400	0,51
EQU285	ESCALERA TIPO TIJERA DE ALUMINIO DE 7 TRAMOS	1,00000	170,00	0,005000	0,85
EQU365	JUEGO DE LLAVES COMBINADAS DE HASTA 1-1/2"	1,00000	30,00	0,010000	0,30
EQU077	CARETA PARA SOLDAR CON VISERA	1,00000	20,00	0,010000	0,20
EQU114	CINTA PASACABLES D/1/4" (6,35mm) x 61m, MARCA GREENLEE	2,00000	15,00	0,005000	0,15
Total Equipos:					3,86
Unitario de Equipos:					0,12

3.- MANO DE OBRA DIRECTA

Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB144	SOLDADOR DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	0,50000	15,00	7,50
MOB047	ELECTRICISTA DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB007	AYUDANTE	1,00000	10,00	10,00
Total Mano de Obra Directa:				41,50

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

<u>Mano de Obra Directa:</u>	41,50
600,00 % Prestaciones Sociales Directas:	249,00
Total Mano de Obra:	290,50
Unitario Mano de Obra:	9,08
Costo Directo por Unidad:	61,71
15,00% Administración y Gastos Generales:	9,26
Sub-Total:	70,97
30,00% Utilidad e Imprevistos:	21,29

PRECIO UNITARIO \$	92,26
---------------------------	--------------

Total partida \$: 45,00 X 92,26 = 4.151,70

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N° 11

Descripción de la Obra:
Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U1 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A. **Código de la Obra:** SMVU1

Descripción Partida:
INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA LIQUID TIGHT, FLEXIBLE, DIAMETRO 1-1/2" .

Código: EDF1814	Código Covenin:	Unidad m	Cantidad 4,00 m	Rendimiento 30,000000 m/día
---------------------------	------------------------	--------------------	---------------------------	---------------------------------------

1.- MATERIALES						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
LIQU12	TUBERIA FLEXIBLE LIQUID TIGHT D= 1-1/2"	m	1,00000		3,00	3,00
FFFF	CONECTOR RECTO LIQUID TIGHT D= 1-1/2"	pieza	2,00000		2,00	4,00
Total Materiales:						7,00
Unitario de Materiales:						7,00

2.- EQUIPOS						
Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total	
EQU111	CINTA METRICA DE ACERO DE 5 m, MARCA STANLEY	1,00000	10,00	0,010000	0,10	
EQU389	LLAVE DE TUBO # 14 RIDGID	2,00000	60,00	0,010000	1,20	
EQU577	SEGUETA AJUSTABLE	1,00000	15,00	0,010000	0,15	
EQU285	ESCALERA TIPO TIJERA DE ALUMINIO DE 7 TRAMOS	1,00000	170,00	0,005000	0,85	
Total Equipos:					2,30	
Unitario de Equipos:					0,08	

3.- MANO DE OBRA DIRECTA						
Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total		
MOB087	OBRERO DE 1ra.	1,00000	8,00	8,00		
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	0,50000	15,00	7,50		
MOB047	ELECTRICISTA DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00		
MOB007	AYUDANTE	1,00000	10,00	10,00		
Total Mano de Obra Directa:				37,50		

Calculado por: Robert Ojeda	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-left: 20px;"><u>Mano de Obra Directa:</u></td> <td style="text-align: right;">37,50</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">600,00 % Prestaciones Sociales Directas:</td> <td style="text-align: right;">225,00</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Total Mano de Obra:</td> <td style="text-align: right;">262,50</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Unitario Mano de Obra:</td> <td style="text-align: right;">8,75</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Costo Directo por Unidad:</td> <td style="text-align: right;">15,83</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">15,00% Administración y Gastos Generales:</td> <td style="text-align: right;">2,37</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Sub-Total:</td> <td style="text-align: right;">18,20</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">30,00% Utilidad e Imprevistos:</td> <td style="text-align: right;">5,46</td> </tr> </table>	<u>Mano de Obra Directa:</u>	37,50	600,00 % Prestaciones Sociales Directas:	225,00	Total Mano de Obra:	262,50	Unitario Mano de Obra:	8,75	Costo Directo por Unidad:	15,83	15,00% Administración y Gastos Generales:	2,37	Sub-Total:	18,20	30,00% Utilidad e Imprevistos:	5,46
<u>Mano de Obra Directa:</u>	37,50																
600,00 % Prestaciones Sociales Directas:	225,00																
Total Mano de Obra:	262,50																
Unitario Mano de Obra:	8,75																
Costo Directo por Unidad:	15,83																
15,00% Administración y Gastos Generales:	2,37																
Sub-Total:	18,20																
30,00% Utilidad e Imprevistos:	5,46																

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

PRECIO UNITARIO \$	23,66
---------------------------	--------------

Total partida \$: 4,00 X 23,66 = 94,64

Anexo H.
Presupuesto y Análisis de PU U2



PRESUPUESTO

Pág N°: 1

Fecha: 18/05/2023

Obra: Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U2 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A.

<u>PARTIDA</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>P.U.</u>	<u>TOTAL \$</u>
1	INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA DE ALUMINIO CONDUIT, RIGIDO, CON ROSCA, COLGADA. DIAMETRO 1" Y CABLEADO .	m	262,00	64,22	16.825,64
2	INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA DE ALUMINIO CONDUIT, RIGIDO, CON ROSCA, COLGADA. DIAMETRO 2" y CABLEADO	m	40,00	107,30	4.292,00
3	INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL DE 300x300x150 mm	und	9,00	255,67	2.301,03
4	INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL DE 400x250x150 mm	und	1,00	459,33	459,33
5	INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL DE 400x250x150 mm CON PRENSA ESTOPAS	und	1,00	656,67	656,67
6	INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL DE 600x400x200 mm	und	1,00	533,49	533,49
7	INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA DE ALUMINIO CONDUIT, RIGIDO, CON ROSCA, COLGADA. DIAMETRO 3/4"	m	45,00	71,86	3.233,70
8	INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL FLEX I/O	und	1,00	14.170,87	14.170,87
9	INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA LIQUID TIGHT, FLEXIBLE, DIAMETRO 2" .	m	8,00	64,88	519,04
10	INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA DE ALUMINIO CONDUIT, RIGIDO, CON ROSCA, COLGADA. DIAMETRO 1-1/2" Y CABLEADO .	m	35,00	92,26	3.229,10
11	INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA LIQUID TIGHT, FLEXIBLE, DIAMETRO 1-1/2" .	m	4,00	23,66	94,64
Total \$:					46.315,51

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida Nº 1
Consecutivo Nº 1

Descripción de la Obra:

Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U2 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A.

Código de la Obra: SMVU2

Descripción Partida:

INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA DE ALUMINIO CONDUIT, RIGIDO, CON ROSCA, COLGADA. DIAMETRO 1" Y CABLEADO .

Código: EDF1809	Código Covenin:	Unidad m	Cantidad 262,00 m	Rendimiento 30,000000 m/día
---------------------------	------------------------	--------------------	-----------------------------	---------------------------------------

1.- MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
TUBQLIM	TUBERIA CONDUIT D=1" ALUMINIO L=3.00m con anillo	m	0,33333		25,00	8,33
MAT0093	ABRAZADERA MOROCHA DIAM. 1"	pieza	2,00000		0,45	0,90
PERF	PERFIL UNITRUT L= 2.4m Calibre 14	pieza	0,16666		73,00	12,17
MAT0650	CAJA CONDULET TIPO LB/LL/LR, D=1" INC.TAPA Y EMPACADUR	pieza	0,23664		32,50	7,69
CABLEST1	CABLE ST 4x18 AWG	m	4,00000	5,00	1,19	5,00
Total Materiales:						34,09
Unitario de Materiales:						34,09

2.- EQUIPOS

Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU111	CINTA METRICA DE ACERO DE 5 m, MARCA STANLEY	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU389	LLAVE DE TUBO # 14 RIDGID	2,00000	60,00	0,010000	1,20
EQU577	SEGUETA AJUSTABLE	1,00000	15,00	0,010000	0,15
EQU624	TARRAJA DE 1/2" A 2"	1,00000	20,00	0,020000	0,40
EQU597	SOLDADORA DE CORRIENTE= 226 A, VOLTAJE= 110/220V	1,00000	150,00	0,003400	0,51
EQU285	ESCALERA TIPO TIJERA DE ALUMINIO DE 7 TRAMOS	1,00000	170,00	0,005000	0,85
EQU365	JUEGO DE LLAVES COMBINADAS DE HASTA 1-1/2"	1,00000	30,00	0,010000	0,30
EQU077	CARETA PARA SOLDAR CON VISERA	1,00000	20,00	0,010000	0,20
Total Equipos:					3,71
Unitario de Equipos:					0,12

3.- MANO DE OBRA DIRECTA

Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB087	OBRERO DE 1ra.	1,00000	8,00	8,00
MOB007	AYUDANTE	1,00000	10,00	10,00
MOB047	ELECTRICISTA DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	0,50000	15,00	7,50
Total Mano de Obra Directa:				37,50

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

<u>Mano de Obra Directa:</u>	37,50
<u>600,00 % Prestaciones Sociales Directas:</u>	225,00
Total Mano de Obra:	262,50
Unitario Mano de Obra:	8,75
Costo Directo por Unidad:	42,96
15,00% Administración y Gastos Generales:	6,44
Sub-Total:	49,40
30,00% Utilidad e Imprevistos:	14,82

PRECIO UNITARIO \$ 64,22

Total partida \$: 262,00 X 64,22 = 16.825,64

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N° 2
Consecutivo N° 2

Descripción de la Obra:
Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U2 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A. **Código de la Obra:** SMVU2

Descripción Partida:
INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA DE ALUMINIO CONDUIT, RIGIDO, CON ROSCA, COLGADA. DIAMETRO 2" y CABLEADO

Código: EDF1810	Código Covenin:	Unidad m	Cantidad 40,00 m	Rendimiento 26,000000 m/día
---------------------------	------------------------	--------------------	----------------------------	---------------------------------------

1.- MATERIALES						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
PERF	PERFIL UNITRUT L= 2.4m Calibre 14	pieza	0,10000	5,00	73,00	7,67
MAT3212	TUBERIA CONDUIT D=2" ALUMINIO L=3.00m con anillo	m	0,33000	5,00	47,50	16,46
MAT0090	ABRAZADERA MOROCHA D=2" GALV.LIV.C/TORN.	pieza	2,00000		2,28	4,56
MAT0652	CAJA CONDULET TIPO LB/LL/LR, D=2" INC.TAPA Y EMPACADUR	pieza	0,12000		65,00	7,80
CABLEST1	CABLE ST 4x18 AWG	m	20,00000	5,00	1,19	24,99
Total Materiales:						61,48
Unitario de Materiales:						61,48

2.- EQUIPOS					
Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU111	CINTA METRICA DE ACERO DE 5 m, MARCA STANLEY	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU389	LLAVE DE TUBO # 14 RIDGID	2,00000	60,00	0,010000	1,20
EQU577	SEGUETA AJUSTABLE	1,00000	15,00	0,010000	0,15
EQU624	TARRAJA DE 1/2" A 2"	1,00000	20,00	0,020000	0,40
EQU597	SOLDADORA DE CORRIENTE= 226 A, VOLTAJE= 110/220V	1,00000	150,00	0,003400	0,51
EQU285	ESCALERA TIPO TIJERA DE ALUMINIO DE 7 TRAMOS	1,00000	170,00	0,005000	0,85
EQU365	JUEGO DE LLAVES COMBINADAS DE HASTA 1-1/2"	1,00000	30,00	0,010000	0,30
EQU077	CARETA PARA SOLDAR CON VISERA	1,00000	20,00	0,010000	0,20
EQU608	TALADRO ELECT-MANDRIL 3/8" BOSCH 1800rpm 450w PERCUTO	1,00000	120,00	0,010000	1,20
Total Equipos:					4,91
Unitario de Equipos:					0,19

3.- MANO DE OBRA DIRECTA				
Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB087	OBRERO DE 1ra.	1,00000	8,00	8,00
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	0,50000	15,00	7,50
MOB047	ELECTRICISTA DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB007	AYUDANTE	1,00000	10,00	10,00
Total Mano de Obra Directa:				37,50

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

<u>Mano de Obra Directa:</u>	37,50
600,00 % Prestaciones Sociales Directas:	225,00
Total Mano de Obra:	262,50
Unitario Mano de Obra:	10,10
Costo Directo por Unidad:	71,77
15,00% Administración y Gastos Generales:	10,77
Sub-Total:	82,54
30,00% Utilidad e Imprevistos:	24,76

PRECIO UNITARIO \$ 107,30

Total partida \$: 40,00 X 107,30 = 4.292,00

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N° 3
Consecutivo N° 3

Descripción de la Obra:

Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U2 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A.

Código de la Obra: SMVU2

Descripción Partida:

INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL DE 300x300x150 mm

Código:	Código Covenin:	Unidad	Cantidad	Rendimiento
CONT		und	9,00 und	8,000000 und/dia

1.- MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
BOR	BORNES TERMINALES, CAPACIDAD: 20A, ANCHO: 5mm	pieza	16,00000		0,57	9,12
BOR1	TOPE FINAL DE RIEL DIN SIMETRICO	pieza	2,00000		0,63	1,26
MAT2273	RIEL DIN SIMETRICO BIOCROMATADO, L=: 1.2m	pieza	0,13333	3,00	6,85	0,94
GAB	GABINETE ELECTRICO 300X300X150 NEMA 3R	pieza	1,00000		61,00	61,00
HUB2	CONECTOR HUB 3/4"	pieza	4,00000		13,00	52,00
CANM	CANAleta PLASTICA 40x40 mm	pieza	0,20000		8,50	1,70
TERM00	TERMINAL DE PUNTA PARA CABLE 18AWG	pieza	32,00000		0,05	1,60
MARCABL	ANILLO MARCA CABLE 100 Unidaes	pieza	1,00000		2,00	2,00
Total Materiales:						129,62
Unitario de Materiales:						129,62

2.- EQUIPOS

Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU003	ALICATE ELECTRICISTA DE 9"	1,00000	6,00	0,010000	0,06
EQU370	JUEGO DESTORNILLADORES DE 10 PZAS	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU077	CARETA PARA SOLDAR CON VISERA	1,00000	20,00	0,010000	0,20
EQU597	SOLDADORA DE CORRIENTE= 226 A, VOLTAJE= 110/220V	1,00000	150,00	0,003400	0,51
EQU495	PINZA PELACABLES TIPO AUTOMATICA	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU608	TALADRO ELECT-MANDRIL 3/8" BOSCH 1800rpm 450w PERCUTO	1,00000	120,00	0,010000	1,20
Total Equipos:					2,17
Unitario de Equipos:					0,27

3.- MANO DE OBRA DIRECTA

Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	1,00000	15,00	15,00
MOB007	AYUDANTE	2,00000	10,00	20,00
MOB144	SOLDADOR DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
Total Mano de Obra Directa:				47,00

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

Mano de Obra Directa:	47,00
600,00 % Prestaciones Sociales Directas:	282,00
Total Mano de Obra:	329,00
Unitario Mano de Obra:	41,13
Costo Directo por Unidad:	171,02
15,00% Administración y Gastos Generales:	25,65
Sub-Total:	196,67
30,00% Utilidad e Imprevistos:	59,00

PRECIO UNITARIO \$ 255,67

Total partida \$: 9,00 X 255,67 = 2.301,03

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**Partida N° 4
Consecutivo N° 4**

Descripción de la Obra:
Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U2 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A. **Código de la Obra:** SMVU2

Descripción Partida:
INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL DE 400x250x150 mm

Código: CONT1	Código Covenin:	Unidad und	Cantidad 1,00 und	Rendimiento 2,000000 und/dia
-------------------------	------------------------	----------------------	-----------------------------	--

1.- MATERIALES						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
BOR	BORNES TERMINALES, CAPACIDAD: 20A, ANCHO: 5mm	pieza	48,00000		0,57	27,36
BOR1	TOPE FINAL DE RIEL DIN SIMETRICO	pieza	2,00000		0,63	1,26
MAT2273	RIEL DIN SIMETRICO BIOCROMATADO, L=: 1.2m	pieza	0,21666	3,00	6,85	1,53
TAB2	GABINETE ELECTRICO DE 400x250x150 mm NEMA 3R	pieza	1,00000		103,00	103,00
CANM	CANALETA PLASTICA 40x40 mm	pieza	0,20000		8,50	1,70
TERM00	TERMINAL DE PUNTA PARA CABLE 18AWG	pieza	96,00000		0,05	4,80
MARCABL	ANILLO MARCA CABLE 100 Unidaes	pieza	1,00000		2,00	2,00
Total Materiales:						141,65
Unitario de Materiales:						141,65

2.- EQUIPOS					
Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU003	ALICATE ELECTRICISTA DE 9"	1,00000	6,00	0,010000	0,06
EQU370	JUEGO DESTORNILLADORES DE 10 PZAS	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU077	CARETA PARA SOLDAR CON VISERA	1,00000	20,00	0,010000	0,20
EQU597	SOLDADORA DE CORRIENTE= 226 A, VOLTAJE= 110/220V	1,00000	150,00	0,003400	0,51
EQU495	PINZA PELACABLES TIPO AUTOMATICA	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU608	TALADRO ELECT-MANDRIL 3/8" BOSCH 1800rpm 450w PERCUTO	1,00000	120,00	0,010000	1,20
Total Equipos:					2,17
Unitario de Equipos:					1,09

3.- MANO DE OBRA DIRECTA				
Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB007	AYUDANTE	2,00000	10,00	20,00
MOB144	SOLDADOR DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	1,00000	15,00	15,00
Total Mano de Obra Directa:				47,00

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

<u>Mano de Obra Directa:</u>	47,00
<u>600,00 % Prestaciones Sociales Directas:</u>	282,00
Total Mano de Obra:	329,00
Unitario Mano de Obra:	164,50
Costo Directo por Unidad:	307,24
15,00% Administración y Gastos Generales:	46,09
Sub-Total:	353,33
30,00% Utilidad e Imprevistos:	106,00

PRECIO UNITARIO \$	459,33
---------------------------	---------------

Total partida \$: 1,00 X 459,33 = 459,33

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida Nº 5
Consecutivo Nº 5

Descripción de la Obra:

Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U2 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A.

Código de la Obra: SMVU2

Descripción Partida:

INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL DE 400x250x150 mm CON PRENSA ESTOPAS

Código:	Código Covenin:	Unidad	Cantidad	Rendimiento
CONT2		und	1,00 und	2,000000 und/dia

1.- MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
BOR	BORNES TERMINALES, CAPACIDAD: 20A, ANCHO: 5mm	pieza	48,00000		0,57	27,36
BOR1	TOPE FINAL DE RIEL DIN SIMETRICO	pieza	2,00000		0,63	1,26
MAT2273	RIEL DIN SIMETRICO BIOCROMATADO, L=: 1.2m	pieza	0,21666	3,00	6,85	1,53
TAB2	GABINETE ELECTRICO DE 400x250x150 mm NEMA 3R	pieza	1,00000		103,00	103,00
PRESTOP	PRENSA ESTOPA 3/4"	pieza	12,00000		11,00	132,00
CANM	CANAleta PLASTICA 40x40 mm	pieza	0,20000		8,50	1,70
TERM00	TERMINAL DE PUNTA PARA CABLE 18AWG	pieza	96,00000		0,05	4,80
MARCABL	ANILLO MARCA CABLE 100 Unidaes	pieza	1,00000		2,00	2,00
Total Materiales:						273,65
Unitario de Materiales:						273,65

2.- EQUIPOS

Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU003	ALICATE ELECTRICISTA DE 9"	1,00000	6,00	0,010000	0,06
EQU370	JUEGO DESTORNILLADORES DE 10 PZAS	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU077	CARETA PARA SOLDAR CON VISERA	1,00000	20,00	0,010000	0,20
EQU597	SOLDADORA DE CORRIENTE= 226 A, VOLTAJE= 110/220V	1,00000	150,00	0,003400	0,51
EQU495	PINZA PELACABLES TIPO AUTOMATICA	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU608	TALADRO ELECT-MANDRIL 3/8" BOSCH 1800rpm 450w PERCUTO	1,00000	120,00	0,010000	1,20
Total Equipos:					2,17
Unitario de Equipos:					1,09

3.- MANO DE OBRA DIRECTA

Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB007	AYUDANTE	2,00000	10,00	20,00
MOB144	SOLDADOR DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	1,00000	15,00	15,00
Total Mano de Obra Directa:				47,00

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

Mano de Obra Directa:	47,00
600,00 % Prestaciones Sociales Directas:	282,00
Total Mano de Obra:	329,00
Unitario Mano de Obra:	164,50
Costo Directo por Unidad:	439,24
15,00% Administración y Gastos Generales:	65,89
Sub-Total:	505,13
30,00% Utilidad e Imprevistos:	151,54

PRECIO UNITARIO \$ 656,67

Total partida \$: 1,00 X 656,67 = 656,67

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida Nº 6
Consecutivo Nº 6

Descripción de la Obra:
Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U2 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A. **Código de la Obra:** SMVU2

Descripción Partida:
INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL DE 600x400x200 mm

Código: CONT3	Código Covenin:	Unidad und	Cantidad 1,00 und	Rendimiento 2,000000 und/dia
-------------------------	------------------------	----------------------	-----------------------------	--

1.- MATERIALES						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
BOR	BORNES TERMINALES, CAPACIDAD: 20A, ANCHO: 5mm	pieza	80,00000		0,57	45,60
BOR1	TOPE FINAL DE RIEL DIN SIMETRICO	pieza	2,00000		0,63	1,26
MAT2273	RIEL DIN SIMETRICO BIOCROMATADO, L=: 1.2m	pieza	0,38333	3,00	6,85	2,70
GAB2	GABINETE ELECTRICO 600X400X200 mm NEMA 3R	pieza	1,00000		130,00	130,00
CANM	CANALETA PLASTICA 40x40 mm	pieza	0,20000		8,50	1,70
MARCABL	ANILLO MARCA CABLE 100 Unidaes	pieza	1,00000		2,00	2,00
TERM00	TERMINAL DE PUNTA PARA CABLE 18AWG	pieza	160,00000		0,05	8,00
Total Materiales:						191,26
Unitario de Materiales:						191,26

2.- EQUIPOS					
Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU003	ALICATE ELECTRICISTA DE 9"	1,00000	6,00	0,010000	0,06
EQU370	JUEGO DESTORNILLADORES DE 10 PZAS	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU077	CARETA PARA SOLDAR CON VISERA	1,00000	20,00	0,010000	0,20
EQU597	SOLDADORA DE CORRIENTE= 226 A, VOLTAJE= 110/220V	1,00000	150,00	0,003400	0,51
EQU495	PINZA PELACABLES TIPO AUTOMATICA	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU608	TALADRO ELECT-MANDRIL 3/8" BOSCH 1800rpm 450w PERCUTO	1,00000	120,00	0,010000	1,20
Total Equipos:					2,17
Unitario de Equipos:					1,09

3.- MANO DE OBRA DIRECTA				
Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB007	AYUDANTE	2,00000	10,00	20,00
MOB144	SOLDADOR DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	1,00000	15,00	15,00
Total Mano de Obra Directa:				47,00

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

<u>Mano de Obra Directa:</u>	47,00
<u>600,00 % Prestaciones Sociales Directas:</u>	282,00
Total Mano de Obra:	329,00
Unitario Mano de Obra:	164,50
Costo Directo por Unidad:	356,85
15,00% Administración y Gastos Generales:	53,53
Sub-Total:	410,38
30,00% Utilidad e Imprevistos:	123,11

PRECIO UNITARIO \$	533,49
---------------------------	---------------

Total partida \$: 1,00 X 533,49 = 533,49

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N° 7
Consecutivo N° 7

Descripción de la Obra:

Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U2 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A.

Código de la Obra: SMVU2

Descripción Partida:

INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA DE ALUMINIO CONDUIT, RIGIDO, CON ROSCA, COLGADA. DIAMETRO 3/4"

Código:	Código Covenin:	Unidad	Cantidad	Rendimiento
EDF1811		m	45,00 m	35,000000 m/día

1.- MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
MAT0654	CAJA CONDULET TIPO LB/LL/LR, D=3/4" INC/TAPA Y EMPACAD.	pieza	0,40000		23,40	9,36
MAT0091	ABRAZADERA MOROCHA D=3/4"GALV.LIV.C/TORN.	pieza	2,00000		0,53	1,06
TUBALUM	TUBERIA CONDUIT D=3/4" ALUMINIO L=3.00m con anillo	m	0,33000	5,00	15,40	5,34
PERF	PERFIL UNITRUT L= 2.4m Calibre 14	pieza	0,16667		73,00	12,17
PRESTOP	PRENSA ESTOPA 3/4"	pieza	1,06666		11,00	11,73
Total Materiales:						39,66
Unitario de Materiales:						39,66

2.- EQUIPOS

Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU624	TARRAJA DE 1/2" A 2"	1,00000	20,00	0,020000	0,40
EQU597	SOLDADORA DE CORRIENTE= 226 A, VOLTAJE= 110/220V	1,00000	150,00	0,003400	0,51
EQU285	ESCALERA TIPO TIJERA DE ALUMINIO DE 7 TRAMOS	1,00000	170,00	0,005000	0,85
EQU365	JUEGO DE LLAVES COMBINADAS DE HASTA 1-1/2"	1,00000	30,00	0,010000	0,30
EQU077	CARETA PARA SOLDAR CON VISERA	1,00000	20,00	0,010000	0,20
EQU111	CINTA METRICA DE ACERO DE 5 m, MARCA STANLEY	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU389	LLAVE DE TUBO # 14 RIDGID	2,00000	60,00	0,010000	1,20
EQU577	SEGUETA AJUSTABLE	1,00000	15,00	0,010000	0,15
Total Equipos:					3,71
Unitario de Equipos:					0,11

3.- MANO DE OBRA DIRECTA

Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB144	SOLDADOR DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	0,50000	15,00	7,50
MOB047	ELECTRICISTA DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB007	AYUDANTE	1,00000	10,00	10,00
Total Mano de Obra Directa:				41,50

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

Mano de Obra Directa:	41,50
600,00 % Prestaciones Sociales Directas:	249,00
Total Mano de Obra:	290,50
Unitario Mano de Obra:	8,30
Costo Directo por Unidad:	48,07
15,00% Administración y Gastos Generales:	7,21
Sub-Total:	55,28
30,00% Utilidad e Imprevistos:	16,58

PRECIO UNITARIO \$ 71,86

Total partida \$: 45,00 X 71,86 = 3.233,70

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N° 8
Consecutivo N° 8

Descripción de la Obra:

Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U2 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A.

Código de la Obra: SMVU2

Descripción Partida:

INSTALACION ELECTRICA Y MONTAJE DE GABINETE DE SEÑALES DE CONTROL FLEX I/O

Código:	Código Covenin:	Unidad	Cantidad	Rendimiento
CONT4		und	1,00 und	1,000000 und/dia

1.- MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
BOR	BORNES TERMINALES, CAPACIDAD: 20A, ANCHO: 5mm	pieza	192,00000		0,57	109,44
BOR1	TOPE FINAL DE RIEL DIN SIMETRICO	pieza	9,00000		0,63	5,67
MAT2273	RIEL DIN SIMETRICO BIOCROMATADO, L=: 1.2m	pieza	2,86666	3,00	6,85	20,23
GAB3	GABINETE ELECTRICO DE1000X600X400 mm NEMA 3R	pieza	1,00000		138,00	138,00
AB1	MÓDULO FLEX I/O 1794-ACNR15 ALLEN BRADLEY	pieza	2,00000		450,00	900,00
AB2	MÓDULO FLEX I/O 1794-IE12 ALLEN BRADLEY	pieza	4,00000		570,00	2.280,00
AB3	MÓDULO FLEX I/O 1794-IR8 ALLEN BRADLEY	pieza	6,00000		560,00	3.360,00
AB4	MÓDULO FLEX I/O 1794-TB3GS ALLEN BRADLEY	pieza	4,00000		290,00	1.160,00
AB5	CABLE CONTROLNET 1786-TPYS, ALLEN BRADLEY	pieza	1,00000		170,00	170,00
AB6	MÓDULO FLEX I/O 1794-TB3 ALLEN BRADLEY	pieza	6,00000		65,00	390,00
AB7	MÓDULO FLEX I/O 1794-PS13 ALLEN BRADLEY	pieza	2,00000		215,00	430,00
CABROL	CABLE THW # 16 AWG 100m	pieza	0,15000	5,00	37,00	5,83
CANM	CANALETA PLASTICA 40x40 mm	pieza	1,80000		8,50	15,30
TERM00	TERMINAL DE PUNTA PARA CABLE 18AWG	pieza	384,00000		0,05	19,20
MARCABL	ANILLO MARCA CABLE 100 Unidaes	pieza	2,00000		2,00	4,00
Total Materiales:						9.007,67
Unitario de Materiales:						9.007,67

2.- EQUIPOS

Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU003	ALICATE ELECTRICISTA DE 9"	1,00000	6,00	0,010000	0,06
EQU370	JUEGO DESTORNILLADORES DE 10 PZAS	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU077	CARETA PARA SOLDAR CON VISERA	1,00000	20,00	0,010000	0,20
EQU597	SOLDADORA DE CORRIENTE= 226 A, VOLTAJE= 110/220V	1,00000	150,00	0,003400	0,51
EQU495	PINZA PELACABLES TIPO AUTOMATICA	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU608	TALADRO ELECT-MANDRIL 3/8" BOSCH 1800rpm 450w PERCUTO	1,00000	120,00	0,010000	1,20
Total Equipos:					2,17
Unitario de Equipos:					2,17

3.- MANO DE OBRA DIRECTA

Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB056	INGENIERO ELECTRICISTA	0,50000	40,00	20,00
MOB007	AYUDANTE	2,00000	10,00	20,00
MOB144	SOLDADOR DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	1,00000	15,00	15,00
Total Mano de Obra Directa:				67,00

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

Mano de Obra Directa:	67,00
600,00 % Prestaciones Sociales Directas:	402,00
Total Mano de Obra:	469,00
Unitario Mano de Obra:	469,00
Costo Directo por Unidad:	9.478,84
15,00% Administración y Gastos Generales:	1.421,83
Sub-Total:	10.900,67
30,00% Utilidad e Imprevistos:	3.270,20

PRECIO UNITARIO \$ 14.170,87

Total partida \$: 1,00 X 14.170,87 = 14.170,87

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida Nº 9

Descripción de la Obra:
Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U2 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A. **Código de la Obra:** SMVU2

Descripción Partida:
INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA LIQUID TIGHT, FLEXIBLE, DIAMETRO 2" .

Código: EDF1812	Código Covenin:	Unidad m	Cantidad 8,00 m	Rendimiento 30,000000 m/dia
---------------------------	------------------------	--------------------	---------------------------	---------------------------------------

1.- MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
LIQU11	TUBERIA FLEXIBLE LIQUID TIGHT D=2"	m	1,00000		22,50	22,50
MAT1015	CONECTOR RECTO LIQUID TIGHT DIAM. 2"	pieza	2,00000		6,03	12,06
Total Materiales:						34,56
Unitario de Materiales:						34,56

2.- EQUIPOS

Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU111	CINTA METRICA DE ACERO DE 5 m, MARCA STANLEY	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU389	LLAVE DE TUBO # 14 RIDGID	2,00000	60,00	0,010000	1,20
EQU577	SEGUETA AJUSTABLE	1,00000	15,00	0,010000	0,15
EQU624	TARRAJA DE 1/2" A 2"	1,00000	20,00	0,020000	0,40
EQU285	ESCALERA TIPO TIJERA DE ALUMINIO DE 7 TRAMOS	1,00000	170,00	0,005000	0,85
Total Equipos:					2,70
Unitario de Equipos:					0,09

3.- MANO DE OBRA DIRECTA

Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB087	OBRERO DE 1ra.	1,00000	8,00	8,00
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	0,50000	15,00	7,50
MOB047	ELECTRICISTA DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB007	AYUDANTE	1,00000	10,00	10,00
Total Mano de Obra Directa:				37,50

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

<u>Mano de Obra Directa:</u>	37,50
<u>600,00 % Prestaciones Sociales Directas:</u>	225,00
Total Mano de Obra:	262,50
Unitario Mano de Obra:	8,75
Costo Directo por Unidad:	43,40
15,00% Administración y Gastos Generales:	6,51
Sub-Total:	49,91
30,00% Utilidad e Imprevistos:	14,97

PRECIO UNITARIO \$	64,88
---------------------------	--------------

Total partida \$: 8,00 X 64,88 = 519,04

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N° 10

Descripción de la Obra:

Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U2 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A.

Código de la Obra: SMVU2

Descripción Partida:

INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA DE ALUMINIO CONDUIT, RIGIDO, CON ROSCA, COLGADA. DIAMETRO 1-1/2" Y CABLEADO .

Código:	Código Covenin:	Unidad	Cantidad	Rendimiento
EDF1813		m	35,00 m	32,000000 m/día

1.- MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
PERF	PERFIL UNITRUT L= 2.4m Calibre 14	pieza	0,16666	2,00	73,00	12,41
CABLEST1	CABLE ST 4x18 AWG	m	12,00000	5,00	1,19	14,99
MAT3211	TUBERIA CONDUIT D=1-1/2" ALUMINIO L=3.00m con anillo	m	0,33333		37,95	12,65
MAT0088	ABRAZADERA MOROCHA D=1-1/2"GALV.LIV.C/TO.	pieza	2,00000		0,75	1,50
CONDU112	CONDULETAS TIPO LR DE 1 1/2" DE ALUMINIO	pza	0,24444		44,85	10,96
Total Materiales:						52,51
Unitario de Materiales:						52,51

2.- EQUIPOS

Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total
EQU111	CINTA METRICA DE ACERO DE 5 m, MARCA STANLEY	1,00000	10,00	0,010000	0,10
EQU389	LLAVE DE TUBO # 14 RIDGID	2,00000	60,00	0,010000	1,20
EQU577	SEGUETA AJUSTABLE	1,00000	15,00	0,010000	0,15
EQU624	TARRAJA DE 1/2" A 2"	1,00000	20,00	0,020000	0,40
EQU597	SOLDADORA DE CORRIENTE= 226 A, VOLTAJE= 110/220V	1,00000	150,00	0,003400	0,51
EQU285	ESCALERA TIPO TIJERA DE ALUMINIO DE 7 TRAMOS	1,00000	170,00	0,005000	0,85
EQU365	JUEGO DE LLAVES COMBINADAS DE HASTA 1-1/2"	1,00000	30,00	0,010000	0,30
EQU077	CARETA PARA SOLDAR CON VISERA	1,00000	20,00	0,010000	0,20
EQU114	CINTA PASACABLES D/1/4" (6,35mm) x 61m, MARCA GREENLEE	2,00000	15,00	0,005000	0,15
Total Equipos:					3,86
Unitario de Equipos:					0,12

3.- MANO DE OBRA DIRECTA

Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total
MOB144	SOLDADOR DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	0,50000	15,00	7,50
MOB047	ELECTRICISTA DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00
MOB007	AYUDANTE	1,00000	10,00	10,00
Total Mano de Obra Directa:				41,50

Calculado por: Robert Ojeda

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

<u>Mano de Obra Directa:</u>	41,50
600,00 % Prestaciones Sociales Directas:	249,00
Total Mano de Obra:	290,50
Unitario Mano de Obra:	9,08
Costo Directo por Unidad:	61,71
15,00% Administración y Gastos Generales:	9,26
Sub-Total:	70,97
30,00% Utilidad e Imprevistos:	21,29

PRECIO UNITARIO \$ 92,26

Total partida \$: 35,00 X 92,26 = 3.229,10

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida N° 11

Descripción de la Obra:
Sistema de Monitoreo de Vibraciones de las máquinas rotativas del edificio de proceso U2 de Negroven, S.A.

Propietario: Negroven, S.A. **Código de la Obra:** SMVU2

Descripción Partida:
INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA LIQUID TIGHT, FLEXIBLE, DIAMETRO 1-1/2" .

Código: EDF1814	Código Covenin:	Unidad m	Cantidad 4,00 m	Rendimiento 30,000000 m/día
---------------------------	------------------------	--------------------	---------------------------	---------------------------------------

1.- MATERIALES						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	% Desp.	Costo	Total
LIQUI2	TUBERIA FLEXIBLE LIQUID TIGHT D= 1-1/2"	m	1,00000		3,00	3,00
FFFF	CONECTOR RECTO LIQUID TIGHT D= 1-1/2"	pieza	2,00000		2,00	4,00
Total Materiales:						7,00
Unitario de Materiales:						7,00

2.- EQUIPOS						
Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep. o Alq.	Total	
EQU111	CINTA METRICA DE ACERO DE 5 m, MARCA STANLEY	1,00000	10,00	0,010000	0,10	
EQU389	LLAVE DE TUBO # 14 RIDGID	2,00000	60,00	0,010000	1,20	
EQU577	SEGUETA AJUSTABLE	1,00000	15,00	0,010000	0,15	
EQU285	ESCALERA TIPO TIJERA DE ALUMINIO DE 7 TRAMOS	1,00000	170,00	0,005000	0,85	
Total Equipos:						2,30
Unitario de Equipos:						0,08

3.- MANO DE OBRA DIRECTA						
Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total		
MOB087	OBRERO DE 1ra.	1,00000	8,00	8,00		
MOB074	MAESTRO ELECTRICISTA	0,50000	15,00	7,50		
MOB047	ELECTRICISTA DE 1ra.	1,00000	12,00	12,00		
MOB007	AYUDANTE	1,00000	10,00	10,00		
Total Mano de Obra Directa:					37,50	

Calculado por: Robert Ojeda	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-left: 20px;"><u>Mano de Obra Directa:</u></td> <td style="text-align: right;">37,50</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">600,00 % Prestaciones Sociales Directas:</td> <td style="text-align: right;">225,00</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Total Mano de Obra:</td> <td style="text-align: right;">262,50</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Unitario Mano de Obra:</td> <td style="text-align: right;">8,75</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Costo Directo por Unidad:</td> <td style="text-align: right;">15,83</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">15,00% Administración y Gastos Generales:</td> <td style="text-align: right;">2,37</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 40px;">Sub-Total:</td> <td style="text-align: right;">18,20</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">30,00% Utilidad e Imprevistos:</td> <td style="text-align: right;">5,46</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">PRECIO UNITARIO \$</td> <td style="text-align: right;">23,66</td> </tr> </table>	<u>Mano de Obra Directa:</u>	37,50	600,00 % Prestaciones Sociales Directas:	225,00	Total Mano de Obra:	262,50	Unitario Mano de Obra:	8,75	Costo Directo por Unidad:	15,83	15,00% Administración y Gastos Generales:	2,37	Sub-Total:	18,20	30,00% Utilidad e Imprevistos:	5,46	PRECIO UNITARIO \$	23,66
<u>Mano de Obra Directa:</u>	37,50																		
600,00 % Prestaciones Sociales Directas:	225,00																		
Total Mano de Obra:	262,50																		
Unitario Mano de Obra:	8,75																		
Costo Directo por Unidad:	15,83																		
15,00% Administración y Gastos Generales:	2,37																		
Sub-Total:	18,20																		
30,00% Utilidad e Imprevistos:	5,46																		
PRECIO UNITARIO \$	23,66																		

Desarrollado Por:
Lulo Software, C.A

Total partida \$: 4,00 X 23,66 = 94,64