Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Matemáticas
Escuela Profesional de Investigación Operativa

Asignación de personal y retrasos en la ejecución de las construcciones en una empresa instaladora independiente

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa

AUTOR

Claudia VELARDE CHÁVEZ

ASESOR

Gladys Giovanna MELGAREJO ESTREMADOYRO

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Velarde, C. (2021). *Asignación de personal y retrasos en la ejecución de las construcciones en una empresa instaladora independiente*. [Trabajo de Suficiencia Profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Escuela Profesional de Investigación Operativa]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Claudia Velarde Chávez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70550152
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Gladys Giovanna Melgarejo Estremadoyro
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	25673529
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-2062-2707
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Inés Gambini López Vda. De Chuquimuni
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08263251
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Luis Antonio Durand Romero
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09516593
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.3.3.1. Optimización Matemática
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Coordenadas geográficas Latitud: -12.058333 Longitud: -77.083333

Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2021
URL de disciplinas OCDE	Matemáticas aplicadas https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.01.02

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL EN LA MODALIDAD VIRTUAL PARA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO(A) EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA (PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2021-I)

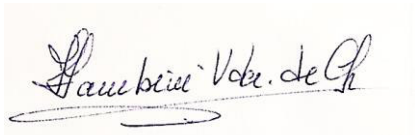
En Lima, siendo las 11:36 horas del domingo 03 de octubre del 2021, se reunieron los docentes designados como Miembros del Jurado del Trabajo de Suficiencia Profesional (PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2021-I): Mg. Inés Gambini López Vda. de Chuquimuni (PRESIDENTE), Mg. Luis Antonio Durand Romero (MIEMBRO) y la Lic. Gladys Giovanna Melgarejo Estremadoyro (MIEMBRO ASESOR), para la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: "**ASIGNACIÓN DE PERSONAL Y RETRASOS EN LA EJECUCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES EN UNA EMPRESA INSTALADORA INDEPENDIENTE**", presentado por la señorita **Bachiller Claudia Velarde Chávez**, para optar el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa.

Luego de la exposición del trabajo de suficiencia, la Presidente invitó a la expositora a dar respuesta a las preguntas formuladas.

Realizada la evaluación correspondiente por los miembros del Jurado Evaluador, la expositora mereció la aprobación **bueno** con un calificativo promedio de **15 (quince).**

A continuación, los miembros del Jurado dan manifiesto que la participante **Bachiller Claudia Velarde Chávez** en vista de haber aprobado la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, será propuesta para que se le otorgue el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa.

Siendo las 12:13 horas se levantó la sesión firmando para constancia la presente Acta.



Mg. Inés Gambini López Vda. de Chuquimuni
PRESIDENTE



Mg. Luis Antonio Durand Romero
MIEMBRO



Lic. Gladys Giovanna Melgarejo Estremadoyro
MIEMBRO ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA

INFORME DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

La Directora de la Escuela Profesional de Investigación Operativa, Mg. Carmela Catalina Velásquez Pino, informa lo siguiente:

1. Operador del programa informático de similitudes: Mg. Paulo César Olivares Taipe

Documento evaluado: ASIGNACIÓN DE PERSONAL Y RETRASOS EN LA EJECUCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES EN UNA EMPRESA INSTALADORA INDEPENDIENTE.

2. Autor de la tesis: VELARDE CHAVEZ CLAUDIA
3. Fecha de recepción de la tesis: 31 de octubre 2021
4. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes: 01 de noviembre 2021
   - Software utilizado: Turnitin
5. Configuración del programa detector de similitudes:
   - Excluye textos entrecomillados
   - Excluye bibliografía
   - Excluye cadenas menores a 40 palabras
6. Porcentaje de similitudes según programa detector de similitudes: 7%
7. Fuentes originales de las similitudes encontradas:
   Fuentes de internet:8%
   Publicaciones: 1%
   Trabajos de estudiantes:2%
8. Calificación de originalidad:
   - El documento mencionado cumple criterios de originalidad, sin observaciones.

Lima, 8 noviembre del 2021

UNMSM

Firmado digitalmente por VELASQUEZ PINO Carmela Catalina FAU 20148092282 soft
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 07.11.2021 14:32:11 -05:00

Mg. Carmela Catalina Velásquez Pino
Directora

Dedico este documento a mis padres Roger Velarde Bruna y Aurora Chávez Yana, a mis hermanos Jharol y Rocío, a mi tía Lola Chávez Yana y demás familiares por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por todo.

A mis padres, por su continuo apoyo.

A la UNMSM, por la formación académica y las oportunidades brindadas.

A mis Profesores, de la Facultad de Ciencias Matemáticas por sus enseñanzas durante mi etapa de pregrado.

Resumen

ASIGNACIÓN DE PERSONAL Y RETRASOS EN LA EJECUCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES EN UNA EMPRESA INSTALADORA INDEPENDIENTE

Claudia Velarde Chávez

Octubre 2021

Asesora **:** Lic. Gladys Giovanna Melgarejo Estremadoyro

Título obtenido **:** Licenciada en Investigación Operativa

El presente trabajo realizó un modelo de Programación Lineal Entera para realizar la asignación de personal a construcciones de la empresa instaladora independiente IngEnergy.

La empresa IngEnergy dónde se realizó la investigación pretende disminuir los retrasos en la ejecución de construcciones internas, esto sucede por la asignación de forma empírica.

Se identificaron las variables para poder buscar los antecedentes que permitirán dar soporte al presente trabajo, siendo la asignación de personal y retrasos en la ejecución de construcción respectivamente cada variable. Se realizó el requerimiento de información al área de construcción para poder así definir las variables, la función objetivo y las restricciones del modelo. Se utilizó el método de Programación Lineal Entera, pero las variables binarias. Se obtuvo como resultado la asignación del personal a construcciones teniendo en cuenta las restricciones de ejecutar máximo 10 construcciones semanales y que máximo por personal sólo pueden ir a 5 distritos como máximo, además se tiene en cuenta que el modelo permite aumentar o disminuir personal o distritos para obtener resultados que pueda esperar la empresa más adelante.

Palabras clave: Asignación de Personal, Programación Lineal Entera, Retrasos en ejecución, BonoGas.

Abstract

ASSIGNMENT OF STAFF AND DELAYS IN THE EXECUTION OF CONSTRUCTION IN AN INDEPENDENT INSTALLATION COMPANY

Claudia Velarde Chávez

October 2021

Guiding **:** Lic. Gladys Giovanna Melgarejo Estremadoyro

Degree obtained **:** BA in Operations Research

The present work carried out an Integer Linear Programming model to assign personnel to constructions of the independent installation company IngEnergy.

The IngEnergy company where the research was carried out aims to reduce delays in the execution of internal constructions, this happens by empirically assigning them.

The variables were identified to be able to find the antecedents that will allow to give support to the present work, being the assignment of personnel and delays in the execution of construction, respectively, each variable. The information request was made to the construction area in order to define the variables, the objective function and the restrictions of the model. The Integer Linear Programming method was used, but the binary variables. As a result, the assignment of personnel to constructions was obtained taking into account the of executing a maximum of 10 constructions per week and that maximum per personnel can only go to 5 districts at most, in addition it is taken into account that the model allows to increase or decrease personnel or districts to get results that the company can expect later on.

Keywords: Personnel Assignment, Whole Linear Programming, Delays in execution, BonoGas.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de la ubicación de la empresa sede San Martín de Porres

Figura 2: Organigrama de la empresa IngEnergy

Figura 3: Organigrama del área comercial

Figura 4: Flujograma de actividades del asistente comercial

Figura 5: Conjuntos: cuadrillas, distritos y arco

Figura 6: Matriz con las ventas asignadas para construcción de la semana

Figura 7: Función objetivo del modelo

Figura 8: Modelo matemático en el software Lingo

Figura 9: Tiempo de compilación del modelo

Figura 10: Modelo compilado

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de procedimientos

Tabla 2: Ventas asignadas para construcción semanalmente cuadrillas

Tabla 3: Construcciones realizadas por distrito en promedio semanalmente

Tabla 4: Número de construcciones semanales por cuadrilla

Tabla 5: Variables binarias obtenidas

Tabla 6: Representa la cantidad de ventas que debe construir cada cuadrilla por distrito.

Tabla 7: Construcciones semanales para cada cuadrilla

INDICE

INTRODUCCION 1

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES DEL TEMA 3

1.1. Antecedentes de la empresa 3

1.2. Descripción de la organización 5

1.3. Contexto socioeconómico 6

1.4. Descripción general de experiencia 8

1.5. Explicación del cargo y funciones ejecutadas 8

1.6. Propósito del puesto 9

1.7. Producto o proceso que será objeto del informe 10

1.7.1. Titulo: 10

1.7.2. Formulación del problema: 10

1.7.3. Situación problemática 10

1.7.4. Objetivo general 10

1.7.5. Objetivos específicos 10

1.7.6. Flujograma 11

1.7.7. Delimitaciones 11

1.8. Resultados concretos alcanzados 12

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN 13

2.1. Teorías asociadas al tema. 13

2.2. Acciones, metodologías y procedimientos. 13

2.3. Marco teórico 14

2.3.1. Antecedentes de la investigación 14

2.3.2. Bases Teóricas 17

CAPITULO III. APORTES Y DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA 23

3.1. Desarrollo de la experiencia 23

3.1.1. Etapas de la experiencia 23

CONCLUSIONES 35

RECOMENDACIONES 36

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 37

ANEXOS 39

INTRODUCCION

Hoy en día el uso del gas en los hogares es muy necesario, por lo cual el gas natural es una alternativa ideal por ser un combustible muy seguro para las familias, además de ser muy económico, ya que no se tiene que recurrir a recargar un balón de gas cada cierto tiempo, y además, aporta en la reducción de la contaminación ambiental.

A nivel mundial Estados Unidos es el mayor consumidor de gas natural, con un consumo promedio de 73.5 billones de pies cúbicos estándar/día que representa alrededor del 22.7% del consumo general.

En el continente americano se tiene como uno de los mayores consumidores a México con 8.3 BCSD.

En el 2010, En Perú inició la masificación del Gas Natural, el cual inicia con la extracción de los yacimientos que se encuentran situados en la ciudad de Camisea (Cusco) realizados por la empresa PlusPetrol, la empresa que se encarga de transportar el Gas Natural es Transportadora de Gas (TGP) la cual se da a través de los gasoductos que recorren el Perú y la concesionaria Cálidda es la responsable de la distribución del Gas Natural a los diferentes clientes de Lima y Callao mediante un avanzado sistema de ductos subterráneos.

Las instalaciones dentro de las casas de los usuarios son realizadas únicamente por técnicos especialistas registrados en el OSINERGMIN. Y después de la verificación correcta de la instalación, Cálidda procede con la habilitación del servicio.

El propósito de este trabajo fue realizar una adecuada asignación de personal con el objetivo de reducir los retrasos en ejecución de las construcciones internas aplicando el modelo de Programación Lineal Entera (PLE), debido a que no hay estudios orientados a mejorar la asignación de personal en ejecuciones de construcciones, por lo cual significa un gran aporte para futuras investigaciones.

La empresa IngEnergy está autorizada para realizar instalaciones internas, por haber logrado obtener la licitación para poder realizar esas conexiones.

A continuación, se presenta brevemente, los tres capítulos que componen este trabajo:

En el capítulo 1, se presentan los antecedentes de la empresa, organización de la empresa, formulación del problema, los objetivos que permitirán realizar esta investigación.

En el capítulo 2, se presentan las teorías asociadas al tema, acciones metodológicas y procedimientos, antecedentes de la investigación y las bases teóricas.

En el capítulo 3, se presenta el Aporte y desarrollo de la experiencia.

Por último, se tienen las conclusiones, recomendaciones y las referencias que sustentan cada concepto expuesto en este trabajo.

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES DEL TEMA

1.1. Antecedentes de la empresa

El Fondo de inclusión social energético (FISE) se creó en abril del 2012, con el propósito de brindar energía menos contaminante a las poblaciones más vulnerables en todo el país. Actualmente ejecuta varios programas, como, por ejemplo:

- La masificación del gas natural para viviendas, vehículos, sistemas o medios de distribución o transporte.
- La ampliación de la frontera energética utilizando energías renovables.
- La promoción para el acceso al GLP (balones de gas doméstico) en los sectores vulnerables urbanos y rurales.
- El mecanismo de compensación de la tarifa eléctrica residencial.
- Implementación del mecanismo de promoción contenido en el Decreto Supremo N°040-2008-EM.
- Pago de los intereses compensatorios de las deudas de los usuarios de los servicios públicos de electricidad y gas natural, previsto en el Decreto de Urgencia N°035-2020.
- El programa BonoGas es financiado por el FISE, el cual busca promocionar la utilización del Gas Natural en los hogares a nivel nacional mediante un financiamiento con el propósito de efectuar la construcción de la instalación de Gas Natural para el punto de cocina.

Con este programa se puede:

- Conseguir un financiamiento para efectuar la construcción interna de la instalación de Gas Natural.
- Devolución de financiamiento según el estrato correspondiente a la ubicación de la vivienda (estrato 1,2,3), ya sea 0%, 25% o 50%.
- Devolución del financiamiento en cuotas fijas mensuales, sin necesidad de una cuota inicial o intereses.

- Se tiene en cuenta una serie de requisitos para que los usuarios puedan acceder a este programa:
- Frente al predio tienen que encontrarse las redes de tuberías de gas natural.
- Las viviendas tienen que calificar dentro de los estratos Medio, Medio bajo y Bajo, según la estratificación a nivel de manzana por ingreso per cápita del hogar elaborado por el INEI (GIS).

El Sistema de Información Geográfica (GIS) es un entorno que recopila, gestiona y analiza datos. El cual permite saber la calificación de las viviendas de acuerdo con la ubicación que brinde el asesor.

El programa BonoGas sólo puede ser promovido por las empresas instaladoras con convenio activo con el MINEM, las cuales estarán debidamente identificadas para poder realizar las visitas a las viviendas.

Las empresas instaladoras manejan un mismo costo máximo para efectuar la construcción de la instalación interna de Gas Natural, lo cual está establecido por Osinergmin.

Instalaciones generales Energy gas S.A.C. con el RUC 20600562399 fue fundada el 03 de agosto del 2015 por el gerente general Yerson Huamán Retuerto, con una oficina ubicada en Cal. Larrabure y Unanue Nro. 231 Int. 1001 en Jesús María, en ese momento realizaban proyectos de forma independiente, luego realizó la licitación para Lima y Callao con el convenio FISE del MINEM, participando en la Zona 2 (Ancón, Carabayllo, Comas, Independencia, Los Olivos, Magdalena del Mar, Puente Piedra, Rímac, San Martin de Porres, San Miguel y distritos de la Provincia Constitucional del Callao) por lo cual se cambió la ubicación de la oficina a San Martín de Porres, Av. Universitaria 3853-3er piso Oficina 01, con el fin de poder monitorear a los asesores y realizar sin dificultades las construcciones. Cuenta con 5 áreas: Recursos Humanos, Finanzas, Logística, Comercial y Construcción. Actualmente la empresa cuenta con 3 sedes (San Martín de Porres, La Libertad y Áncash).

Figura 1:

Mapa de la ubicación de la empresa sede San Martín de Porres



Fuente: Google Maps

Cuenta con alrededor de 20 trabajadores en oficina entre las 3 sedes, y adicionalmente 40 trabajadores entre asesores de venta y técnicos de construcción.

INGENERGY realiza la captación de los usuarios que deseen obtener el servicio de gas natural, brindando la información sobre los precios, las diferentes instalaciones, además realiza la construcción de las redes internas y la coordinación con la concesionaria Cálidda para Lima y Callao, y con Quavii en La Libertad y Áncash, para que realicen la red externa y acometida (colocar la caja), para que se pueda colocar el medidor y sucesivamente se realice la habilitación del servicio.

1.2. Descripción de la organización

La empresa:

Instalaciones generales Energy gas S.A.C. es una empresa orientada a la ingeniería, construcción, operación y mantenimiento de instalaciones internas para Gas Natural, la cual se encuentra conformada por un equipo con conocimientos sólidos en normativa vigente nacional; busca desarrollar proyectos exitosos para los ciudadanos en el Perú.

Misión:

Satisfacer oportunamente las necesidades y expectativas de nuestros clientes, comprometiéndonos a brindar un trabajo que les permita mejorar su calidad de vida y garantizarles los buenos resultados a través de la responsabilidad en la planeación y entrega de cada proyecto.

Visión:

Ser una empresa reconocida en el medio de servicios en ingeniería y construcción, destacando por ofrecer un servicio excelente y seguir aportando al desarrollo del Perú a través de nuestro servicio, con seguridad, calidad y siendo amigables con el medio ambiente.

1.3. Contexto socioeconómico

La empresa tiene como actividad principal: Arquitectura, Ingeniería y Consultoría técnica; y como actividad secundaria es la construcción de obras de Ingeniería Civil.

La empresa se encuentra conformada por la gerencia general, la cual se encarga de la toma de decisiones ante el ente regulador que es Osinergmin y realiza las coordinaciones necesarias con la subgerencia.

La Subgerencia se encarga de coordinar con las áreas de la empresa e informarles sobre las nuevas medidas que se toman para poder seguir avanzando en la meta trazada.

El área de Finanzas se encarga de realizar los pagos de los recursos solicitados por las diferentes áreas, además de dar el seguimiento de los depósitos por parte del programa Bonogas.

El área de Recursos humanos se encarga de reclutar al personal que solicite cada área, para poder así seguir con las actividades diarias necesarias para cumplir con la meta trazada.

El área de Logística se encarga de realizar la cotización de lo que requiera cada área, ya sea desde formatos hasta materiales necesarios para el personal que realiza las construcciones.

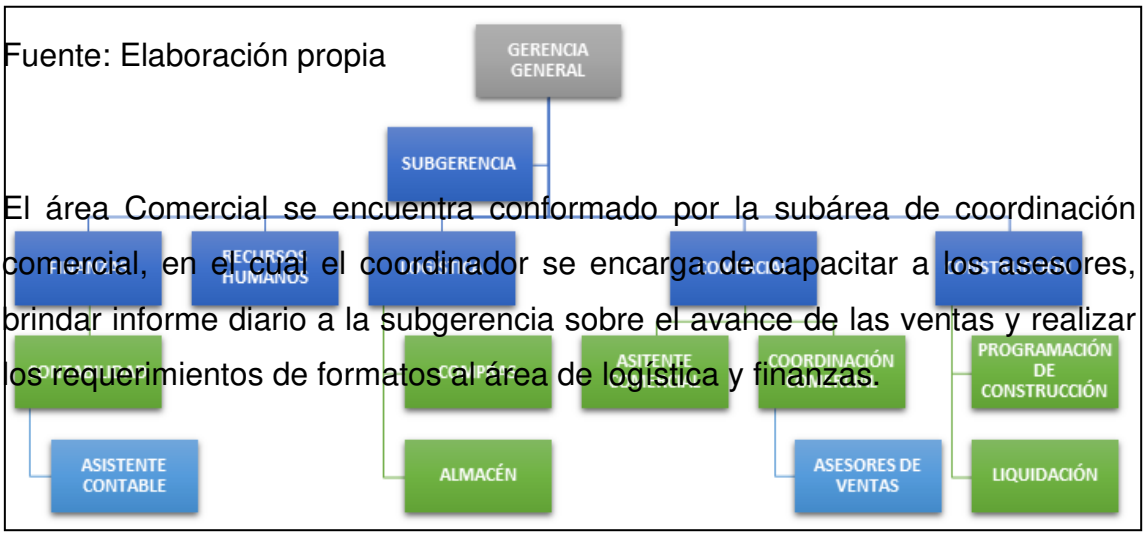
El área Comercial, se encarga del monitoreo de los asesores para que puedan cumplir con las ventas mensuales requeridas.

El área de Construcción realiza la asignación de personal a cada construcción, para poder realizarlas en el tiempo establecido, buscando cumplir la meta que está establecida en el convenio.

Organigrama general:

Figura 2:

Organigrama general de IngEnergy



Fuente: Elaboración propia

El área Comercial se encuentra conformado por la subárea de coordinación comercial, en el cual el coordinador se encarga de capacitar a los asesores, brindar informe diario a la subgerencia sobre el avance de las ventas y realizar los requerimientos de formatos al área de logística y finanzas.

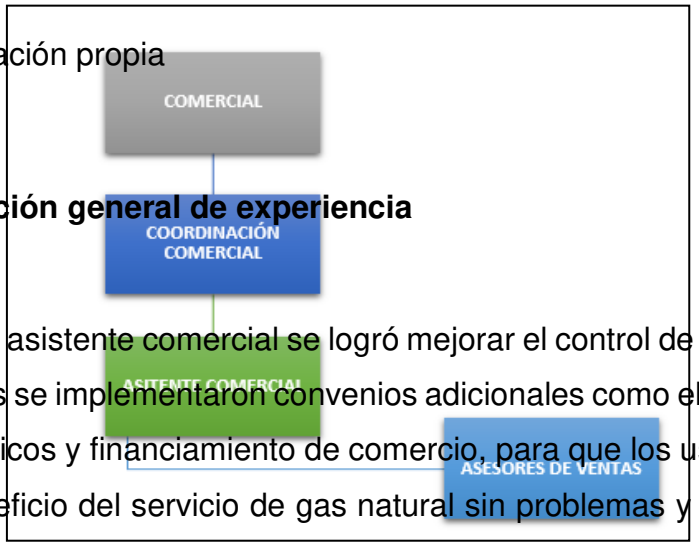
El asistente brinda el soporte al coordinador comercial, reportando las ventas diarias realizadas por los asesores de ventas.

Los asesores de ventas visitan a diversos usuarios para concretar ventas y realizar la atención cuando el usuario necesite hacer cambios, para poder notificar al área comercial.

Organigrama del área:

Figura 3:

Organigrama del área comercial



Fuente: Elaboración propia

1.4. Descripción general de experiencia

En el puesto de asistente comercial se logró mejorar el control de ventas de cada asesor, además se implementaron convenios adicionales como el financiamiento de gasodomésticos y financiamiento de comercio, para que los usuarios puedan acceder al beneficio del servicio de gas natural sin problemas y se logró captar más asesores para así obtener más usuarios.

1.5. Explicación del cargo y funciones ejecutadas

El cargo que se desempeña es de Asistente Comercial, cuya dependencia pertenece al Área Comercial.

Principales funciones:

- Coordina con el equipo de asesores de ventas para entrega de contratos, ventas en diferentes zonas y envío de confirmación de zonas aprobadas.
- Responde las quejas que tienen los usuarios y ofrece apoyo posventa cuando los usuarios lo soliciten.
- Almacena y organiza el historial financiero y no financiero en la base de datos de la empresa.
- Informa a los clientes en caso sucedan retrasos o problemas con la construcción.
- Informa sobre el avance del grupo, identifica las carencias existentes y propone ideas para mejorar el sistema.
- Ayuda en la disposición de material y en las capacitaciones de los asesores.
- Coordina con el área de redes internas para la asignación del contrato y la construcción.

1.6. Propósito del puesto

OBJETIVO PRINCIPAL:

Monitorear el cumplimiento de las ventas semanales para la asignación de construcciones sin ningún problema, y así lograr la meta trazada por el FISE (Fondo de Inclusión Social Energético).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Informar sobre mallas aprobadas para que los asesores puedan cumplir con sus ventas trazadas semanalmente.
- Informar las ventas semanales al área de construcción.
- Control del avance de la meta.

Retos:

- Cumplir la meta establecida con un 20% adicional de construcciones.
- Licitar en todos los concursos, para poder abarcar los demás departamentos disponibles.

1.7. Producto o proceso que será objeto del informe

1.7.1. Titulo:

"ASIGNACIÓN DE PERSONAL Y RETRASOS EN LA EJECUCIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES EN UNA EMPRESA INSTALADORA INDEPENDIENTE"

1.7.2. Formulación del problema:

¿Cómo la asignación de personal disminuye los retrasos en la ejecución de las construcciones de una empresa instaladora independiente?

1.7.3. Situación problemática:

El no cumplimiento de las construcciones indicadas en el convenio significa la disolución de éste, por lo cual la empresa quedaría suspendida 1 año y además perdería a todo el personal, ocasionando un comienzo desde cero.

Por lo antes mencionado, se tiene que mejorar la asignación de personal a las construcciones que se realizan empíricamente, ocasionando el incumplimiento de las construcciones debido a la distancia y otros motivos externos, lo cual genera retrasos en la ejecución de éstas.

1.7.4. Objetivo general:

Determinar la asignación de personal para disminuir los retrasos en la ejecución de las construcciones de una empresa instaladora independiente.

1.7.5. Objetivos específicos:

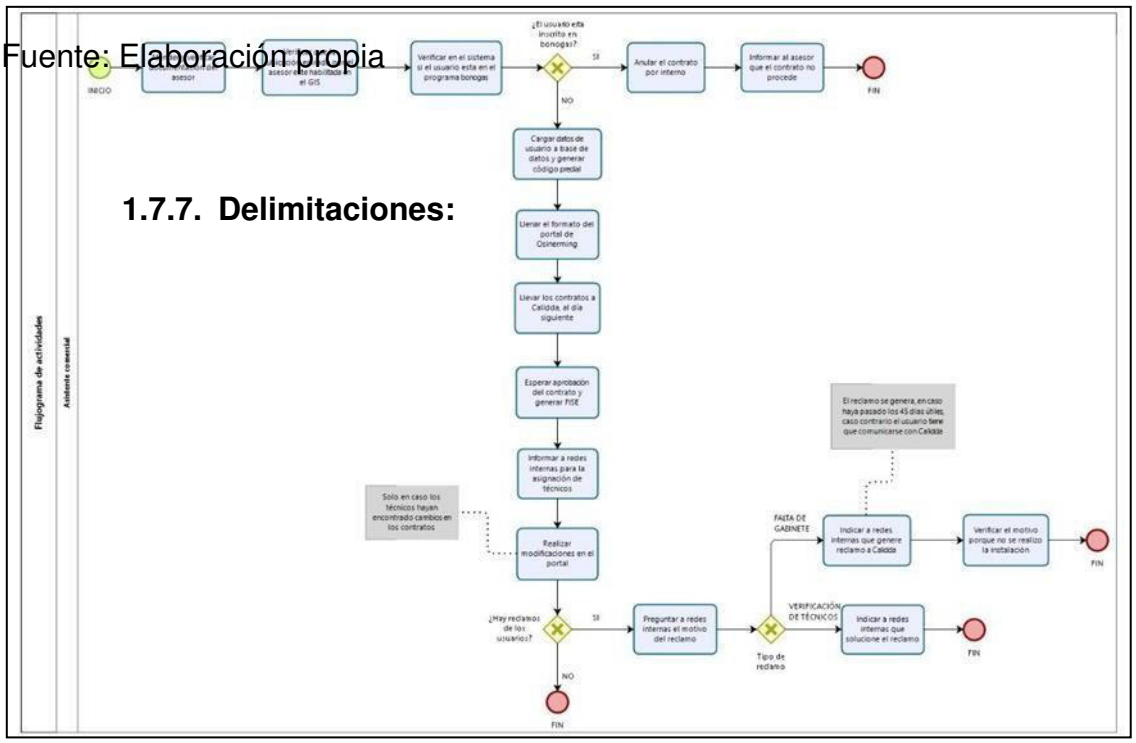
- Determinar la cantidad de construcciones ejecutadas en promedio semanalmente.

- Determinar las variables de la programación lineal entera para mejorar la asignación de personal.
- Establecer la función objetivo del modelo para mejorar la asignación de personal.
- Determinar las restricciones del modelo.
- Analizar y evaluar los resultados obtenidos después de aplicar el modelo de programación lineal entera.

1.7.6. Flujograma

Figura 4:

Flujograma de actividades del asistente comercial



Fuente: Elaboración propia

1.7.7. Delimitaciones:

1.7.7.1. Espacial:

El trabajo se realizará en la zona 2 de Lima y Callao, en la empresa instaladora independiente INGENERGY S.A.C la cual ofrece el servicio de instalación de redes internas de gas natural.

1.7.7.2. Temporal:

Este trabajo se llevará a cabo desde Julio hasta diciembre del 2021, tiempo en el cual la empresa tendrá el convenio activo, con una proyección a renovarlo en enero del 2022.

1.7.7.3. Temática:

Programación Lineal Entera, Método de asignación.

1.7.7.4. Limitaciones:

- Se tiene un tiempo establecido para el cumplimiento de la meta (600 construcciones) mencionada en la adenda, el cual es de julio a diciembre del 2021.
- La situación de pandemia ocasiona que algunas construcciones no se realicen debido a que los usuarios se enferman y terminan aislados, ocasionando que no se lleguen a realizar los trabajos de construcción.

1.8. Resultados concretos alcanzados

- Se logró sistematizar el conteo de ventas y construcciones realizadas diariamente, para tener un mejor control y visualización del avance de la meta.
- Se logró concretar un convenio con las empresas Aghaso y Aquamaxx, para poder así brindar al usuario una alternativa adicional para obtener los artefactos que sean necesarios para la habilitación de su servicio.

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN

2.1. Teorías asociadas al tema.

Programación lineal entera:

Hillier y Lieberman (2010) refieren que la Programación Lineal Entera es un modelo que tiene como restricción adicional a las variables con valores enteros.

Debido a que la asignación de personal a construcciones se realiza de forma inadecuada, lo cual genera reclamos por parte de los usuarios y retrasos en las construcciones, por lo cual se decidió utilizar la Programación Lineal Entera para poder mejorar la asignación de personal actual.

Método de asignación:

Taha (2012) refiere que el método de asignación permite determinar qué personal será el mejor para ejecutar cada tarea.

Por lo cual utilizar el método de asignación será necesaria, ya que se desea conocer la adecuada forma de asignar personal a construcciones logrando así, la ejecución oportuna de éstas.

2.2. Acciones, metodologías y procedimientos.

Tabla 1:

Acciones, metodologías y procedimientos

Procedimiento	Situación	Descripción de la situación
Programación de construcciones internas	Reprogramación de construcciones internas	Los técnicos no coordinan con el usuario a tiempo, ocasionando retraso en la ejecución de la construcción.
Atención a reclamos	No realizan un control de avance de construcciones	Al no realizar un control al personal, provocando que algunos usuarios no sean atendidos en el tiempo debido, generando reclamos.

Seguimiento de contrato	No hay atención oportuna	Hay contratos que se encuentran en zona no gasificada que están a la espera, pero el área correspondiente no realiza el seguimiento y por medio de reclamos recién visualizan que ya fueron gasificadas.

Fuente: Elaboración propia

2.3. Marco teórico

2.3.1. Antecedentes de la investigación

En la tesis “OPTIMIZACIÓN DE LA ASIGNACIÓN DE PERSONAL EN UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS” de Flores (2017), el objetivo principal fue optimizar la asignación de personal en un plan de trabajo real de un sistema de transporte de pasajeros para minimizar los costos asociados. Se desarrolló un modelo matemático para facilitar la toma de decisiones en la asignación de personal. El modelo contempló el total de trabajadores que laboran en la empresa, los turnos laborales, las actividades de operación de sistema, los trabajadores que solicita el contrato y las competencias que se desean para cada puesto. Como resultado, el modelo mostró que para el primer turno fueron necesarios 5 trabajadores como mínimo logrando así cumplir con la cantidad necesaria de operadores. Y así para los turnos restantes. Concluyó que el modelo optimizó los recursos humanos disponibles; y redujo el tiempo empleado en la planificación.

En el trabajo “RESOLUCIÓN DE UN PROBLEMA REAL DE ASIGNACIÓN DE PERSONAL A PROYECTOS DE AUDITORÍA” de Teodoro (2019). Tuvo como finalidad maximizar la cuenta de beneficios agregados a la ejecución de los proyectos de índole discrecional, para lo cual se propuso un modelo de programación lineal entera mixta (MIP) para la interpretación matemática del

ejercicio, pero al no encontrar soluciones óptimas exactas, se optó por desarrollar 2 algoritmos heurísticos constructivos a través del lenguaje Julia con el propósito de descubrir oportunas soluciones en un intervalo computacional convenientemente inferior. El posterior heurístico ejecutado garantizó la asignación necesaria de los proyectos a los auditores más destacados.

En la investigación "MODELO DE ASIGNACIÓN DE PERSONAL PARA LA OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE CAMIONES DE GATEGOURMET" DE BELTRÁN (2020). Tuvo como objetivo realizar la asignación de personal para permitir satisfacer la operación de transporte de los servicios de cáterin, para lo cual utilizó Programación Lineal Entera Mixta y un algoritmo de generación de columnas para la optimización de los costos de asignación personal. La metodología propuesta permitió evaluar diferentes estrategias relacionadas a la consolidación de servicios y la flexibilidad de la jornada de alimentación propuesta por la empresa que pudo disminuir los costos asociados a la asignación de personal, los resultados obtenidos de la instancia de 112 vuelos fueron comparables con los costos de la compañía, que permitió una reducción significativa en el tiempo destinado a resolver el problema. El beneficio estimado bajo la estrategia del escenario 1 con respecto a la situación actual fue de $303.755 diarios, correspondiente a un ahorro del 8.8% del costo diario obtenido de la solución del problema.

En la tesis "LA SISTEMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ASIGNACIÓN DE PERSONAL CON EL FIN DE IMPLEMENTAR LAS ESPECIALIDADES FUNCIONALES DENTRO DE LA POLICÍA NACIONAL DEL PERÚ" de Flores (2017). Tuvo como objetivo sistematizar el desarrollo de la asignación de personal para posteriormente proceder con la implementación de un sistema informático, se tanteó efectuar una asignación técnica y profesional guiada fortificar los distintos campos especializados para poder así aumentar la labor profesional y técnica de la policía. Con la sistematización se pretendió reducir en un 50% el tiempo de desarrollo del proceso que normalmente dura entre 2 a 3 meses y además de la reducción de personal de lo habitual que es entre 20 y 30

personas a sólo un grupo constituido por 5 a 6 personas, logrando la disminución de la implicación de policías en faenas administrativas.

En el trabajo “La deducibilidad del impuesto a la renta por el pago de multas generadas por retraso en la ejecución de contratos administrativos” de Navarrete (2017). Tuvo como objetivo precisar la factibilidad de la deducción del tributo a la renta, para lo cual se precisó en qué consistía la condición de las deducciones del impuesto a la renta. Se tuvo en consideración que la legislación de ese país considera que las penalizaciones exigidas por una autoridad constituyen dispendios no deducibles. Concluyendo que una sanción por retraso en la ejecución de un contrato posibilita al contratista mantener la relación contractual y finalizar la obra conservando así su beneficio.

En la tesis “FACTORES QUE INFLUYEN EN EL RETRASO DE EJECUCIÓN DE OBRAS ELÉCTRICAS DE REDES DE MT EN ELECTROCENTRO S.A. PERIODO 2017-2018” de Rosales (2020). Tuvo como objetivo identificar y evaluar los factores que influyen y ocasionan retrasos en la ejecución de obras eléctricas de redes de MT en la empresa concesionaria Electrocentro S.A., para lo cual se recolectaron datos mediante los siguientes instrumentos de investigación: encuestas, entrevistas, análisis documental y la observación participativa; de diferentes contratistas que realizaron la ejecución de obras eléctricas de MT (media tensión) en el periodo 2017 – 2018, con el propósito de realizar el análisis y procesamiento de todos esos datos. Se concluyó que de 10 obras eléctricas que se tomaron como muestra, 6 solicitaron ampliación de plazo para poder culminar con la obra sin penalidad alguna, Además se obtuvo que el factor más recurrente que ocasionó retrasos en la ejecución tiene que ver con la dirección de la obra debido a una deficiente programación de trabajo.

En la tesis “EVALUACIÓN DE LAS CAUSAS DE SOBRECOSTOS Y DE LOS RETRASOS EN EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA EJECUTADOS POR CONTRATA EN EL GOBIERNO REGIONAL

DE CAJAMARCA 2005-2014" DE Merma (2019). Tuvo como objetivo de establecer cuáles son las causas que provocaron que se dieran sobrecostos y retrasos en la etapa de ejecución de los proyectos de infraestructura rural, para lo cual se consideraron 7 documentaciones técnicas de los proyectos de infraestructura eléctrica que ejecutaba el Gobierno Regional de Cajamarca, además realizó la recaudación de datos a partir de una exploración documental, contemplación en campo, diálogos con los involucrados (profesionales y los adjudicados de los proyectos) y sondeos aplicados al personal que se encarga de la Gerencia Regional de infraestructura, se definieron las causas de los retrasos a través de un análisis comparativo de los cambios que tuvieron las variables, lo cual concluyó que lo que provocaba retrasos y sobrecostos con una cifra de casi s/. 38 611 499.00 fueron la deficiencia ingeniería que tuvieron los proyectos de financiación pública y documentaciones técnicas, y a los cambios de metrados y valor, ocasionado por las equivocaciones que se dieron en la ingeniería de los proyectos.

2.3.2. Bases Teóricas.

2.3.2.1. Programación Lineal

La programación lineal es un mecanismo que mediante el uso de un modelo matemático permite describir un problema, y así poder encontrar un resultado óptimo (Hillier y Lieberman, 2010). El resultado óptimo se basará en maximizar o minimizar la función objetivo, teniendo en cuenta que las variables que se tengan se encontrarán limitadas por una variedad de restricciones, que podrían ser ecuaciones o inecuaciones lineales.

Además, la programación lineal permite resolver problemas de optimización, se sabe que esos problemas se encuentran en varios ámbitos, sea en industrias, educación, bancos, transportes y más.

Según Winston (2005): "Una función $f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ de $X_1, X_2, \dots, X_n$ es una función lineal si y sólo sí para algún conjunto de constantes $C_1, C_2, \dots, C_n$ $f(X_1, X_2, \dots, X_n) = C_1X_1 + C_2X_2 + \cdots + C_nX_n$".

Está compuesta por las siguientes partes:

- Función Objetivo: Se refiere a la función que se minimizará o maximizará, la cual está constituida por las variables de decisión y los factores.
  Ejemplo:

$$Minx\ Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \cdots + C_nX_n$$

- Variable de decisión: Son las variables que describen las decisiones que se tienen que tomar, por lo cual, sus valores finales serán quienes definan la solución de la función objetivo.
  Ejemplo:

$$X_1, X_2, \dots, X_n$$

- Restricciones funcionales: Las variables de decisión estarán adheridas a ciertas partes de recursos limitados, ya sea como el dinero, espacio. Los cuales restringen un conjunto de valores que deberían tomas las variables de decisión.
  Ejemplo:

$$Restri1: a_1X_1 + a_2X_2 + \cdots + a_nX_n \leq A$$
$$Restri2: b_1X_1 + b_2X_2 + \cdots + b_nX_n \leq B$$
$$\dots\ \dots$$
$$Restrim: m_1X_1 + m_2X_2 + \cdots + m_nX_n \leq M$$

- Restricción de signo: Cualquier variable X_n se sabe que X_i no debe ser negativa, por lo cual $(X_i \geq 0)$, puede tomar un valor positivo o cualquier número real.

Para la resolución de los modelos es necesario tener en cuenta los tipos de soluciones que existen:

- Solución factible: Conjunto de valores de las variables de decisión donde se satisfagan todas las restricciones del problema.
- Solución no factible: Conjunto de valores en donde no cumple alguna restricción.

Por lo cual la región factible contendrá la unión de todas las soluciones factibles, satisfaciendo así todas las restricciones, tanto las funcionales y las de signo. Además, se sabe que la solución óptima se encuentra en la región factible y depende de lo que se quiera lograr puede ser el punto con el menor valor o con el mayor, satisfaciendo así el modelo de maximización o minimización.

También se debe considerar que existirán modelos en los cuales pueden tener varias soluciones óptimas, y en otros casos no tendrán ninguna posible solución.

2.3.2.2. Programación Lineal Entera

Debido a que existen problemas de programación lineal, donde algunas o todas de sus variables de decisión, se encuentran condicionadas a tomar valores enteros. Se da como respuesta la programación lineal entera, con el fin de poder resolver esos tipos de problemas (Winston, 2005).

$$Maximizar\ o\ minimizar\ Z = \sum_{J \in N}^{n} c_j X_j$$

Sujeto a:

$$\sum_{I=1}^{n} a_{ij} + S_i = b_i, \qquad i \in M$$

$$S_i \geq 0, \qquad i \in M$$

$$X_j\ entero, \qquad j \in I \supset N$$

De dónde se sabe:

S_i es la variable de holgura.

(Julca, Malca y Saravia, 2016) describen que la clasificación del modelo de programación lineal entera se divide en tres:

- Programación lineal entera Pura: Será necesario que todas las variables de decisión sean valores enteros
- Programación lineal entera Mixta: Sólo será necesario que algunas variables sean valores enteros y las otras variables pueden mantenerse reales.
- Programación lineal entera Binaria: Si se le añade una restricción extra para que los posibles valores de las variables sean 0 o 1, es decir, sean binarias, siendo utilizadas para saber si se va a realizar o no una acción las cuáles pueden ser desde elegir una función, invertir en un proyecto, elegir horarios para personal, etc. Representando en este caso el valor 1 como si se realiza la acción y 0 cuando no se llega a realizar.

Aplicaciones de la programación lineal entera

La programación lineal entera puede ser aplicada en ciertos campos. Por ejemplo:

- Análisis de inversión.
- Elección de puntos geográficos.
- Asignación de personal.
- Distribución de envíos.

Restricciones especiales en programación lineal entera

Para algunos modelos serán necesarios ciertos tipos de restricciones especiales, como las siguientes:

- Restricciones inclusivas o distributivas: Se utiliza cuando se desea asegurar el cumplimiento de una o más de las restricciones

funcionales, sumándole al lado derecho de cada restricción una constante (M) el cuál se multiplicará por una variable binaria, adicionalmente se debe tener en cuenta que se adicionará una restricción, dónde la suma de las variables binarias sea menor o igual a la diferencia de la cantidad de restricciones y esa cantidad debe de cumplirse. Esta restricción se utilizará en los casos dónde se toma una decisión de adquirir algo, teniendo que ser una cantidad mínima.

- Restricciones si… entonces: Se da como una consecuencia, sabiendo que si una restricción se satisface necesariamente se debe satisfacer otra, para cuál se añaden valores artificiales y variables binarias semejantes al de restricciones inclusivas.

Software para resolver modelos de programación lineal

- LINDO: Producto de Lindo Systems Inc., aplicación que permite resolver problemas de programación lineal, cuadrática y entera.
- LINGO: Producto de Lindo Systems Inc., herramienta que permite formular problemas lineales y no lineales. Proporcionando un resultado optimizado que permitirá encontrar la ganancia más alta o el costo más bajo (Canizo y Lucero, 2002).

2.3.2.3. Método de asignación

Es considerada como un tipo de programación lineal especial, en la cual los asignados son recursos que tienen como destino realizar tareas. Además, se tiene que esos asignados pueden ser personas, máquinas, vehículos, plantas e incluso periodos a los que se asignan tareas.

Sabiendo que cuando los problemas de asignación son de personal pueden ser problemas de programación lineal entera (Hiller y Lieberman, 2010).

Para considerar la existencia de un problema de asignación, es necesario que este tipo de problemas se formulen para que cumplan los siguientes supuestos:

- El número de asignados será igual al número de tareas.
- Cada asignado tendrá asignada sólo una tarea.

- Cada tarea será realizada por un solo asignado.
- Existe un costo Cij que se encuentra asociado con asignado i=i,2,…,n que realiza la tarea j=1,2,…,n.
- El modelo tiene como objetivo determinar cómo se debe hacer las n asignaciones para lograr minimizar los costos totales.

CAPITULO III. APORTES Y DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

3.1. Desarrollo de la experiencia

3.1.1. Etapas de la experiencia

Para este trabajo se realizaron una serie de etapas:

- **Recopilación de datos para realizar el modelo**
  Se solicitó la información al área de construcción, sobre la cantidad de cuadrillas, distritos y las ventas construidas semanalmente.

  En la Tabla 2 se muestra la información sobre las asignaciones de construcciones que se realizaban de forma empírica a las cuadrillas por cada distrito.

Tabla 2.

Ventas asignadas para construcción semanalmente a cuadrillas

	SMP	INDEPENDENCIA	COMAS	RIMAC	LOS OLIVOS	VENTANILLA	MI PERÚ	CALLAO	CARABAYLLO
CUADRILLA 1	3	1	2	1	2	1	4	1	1
CUADRILLA 2	1	2	1	3	1	3	1	1	2

CUADRILLA 3	2	1	1	3	2	1	2	2	1
CUADRILLA 4	1	1	3	1	1	2	1	2	2
CUADRILLA 5	2	2	1	2	4	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3, se muestra las construcciones que realizaban en promedio las cuadrillas por cada distrito, notando así que no se cumplía con las construcciones que fueron asignadas de forma empírica, debido a la distancia y otros motivos.

Por lo cual, para evitar retrasos en esas construcciones que no se llegaron a realizar, se creará una restricción que permitirá cumplir con las 10 construcciones semanales.

Tabla 3.

Construcciones realizadas por distrito en promedio semanalmente

	SMP	**INDEPENDENCIA**	**COMAS**	**RIMAC**	**LOS OLIVOS**	**VENTANILLA**	**MI PERÚ**	**CALLAO**	**CARABAYLLO**
CUADRILLA 1	2	1	0	1	2	0	1	0	0

CUADRILLA 2	0	2	1	0	1	2	0	0	0
CUADRILLA 3	1	0	0	1	1	0	0	1	1
CUADRILLA 4	1	1	1	1	1	0	0	1	0
CUADRILLA 5	0	0	1	1	2	1	2	0	0

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4 se muestra las construcciones realizadas en promedio por las cuadrillas semanalmente.

Tabla 4.

Número de construcciones semanales por cuadrilla

Cuadrillas	**Total de construcciones**
CUADRILLA 1	7
CUADRILLA 2	6

CUADRILLA 3	5
CUADRILLA 4	6
CUADRILLA 5	7

Fuente: Elaboración propia.

- **Definición de las variables:**

i= Cuadrillas (1, …, 5), representa el número de cuadrillas de técnicos con sus ayudantes que tiene actualmente la empresa.

j= Distritos (1, …, 9), representa los distritos en los cuales se tienen ventas promedio para construir.

C_{ij} = Matriz con ventas asignadas para construcción de la semana.

X_{ij} = Variable binaria; con valor 1 cuando la cuadrilla i es asignada al distrito j, y valor 0 en caso contrario.

- **Planteamiento de las restricciones del modelo matemático:**
  - ❖ Restricción de construcciones realizadas: Asegura el cumplimiento de 10 construcciones como máximo semanales.
  - ❖ Restricción de distritos asignados: Asegura que las cuadrillas trabajen sólo en 5 distritos como máximo.

- **Elaboración de la función objetivo:**

La función objetivo permitirá maximizar las ganancias generadas por la cantidad de construcciones realizadas por la semana.

Dónde:

C_{ij} = Matriz con ventas asignadas para construcción de la semana. (i=1,…, 5).

X_{ij} = Variable binaria; con valor 1 cuando la cuadrilla i es asignada al distrito j, y valor 0 en caso contrario. (j=1,…, 9).

$$Max\ z = \sum_{i=1}^{5} \sum_{j=1}^{9} C_{ij} X_{ij}$$

- **Solución computacional del modelo:**

Para poder realizar la solución del modelo se utilizó el software Lingo versión 17.0.

Este software permite trabajar con variables y restricciones de forma ilimitada, utilizando los comandos que contiene el programa.

Con el comando sets se creará dos conjuntos: cuadrillas y distritos los cuales están conformados por 5 y 9 valores respectivamente. A continuación, se creará el conjunto de 2 dimensiones llamado arco, que estará conformado por cuadrillas y distritos, se trabajará con la variable X_{ij} y la matriz C_{ij}.

En la Figura 5 se muestra los conjuntos de cuadrillas, distritos y arco.

Figura 5.

Conjuntos: cuadrillas, distritos y arco

```
model:
sets:
cuadrillas/1..5/;
distrito/1..9/;
arco(cuadrillas,distrito):x,c;
end sets
```

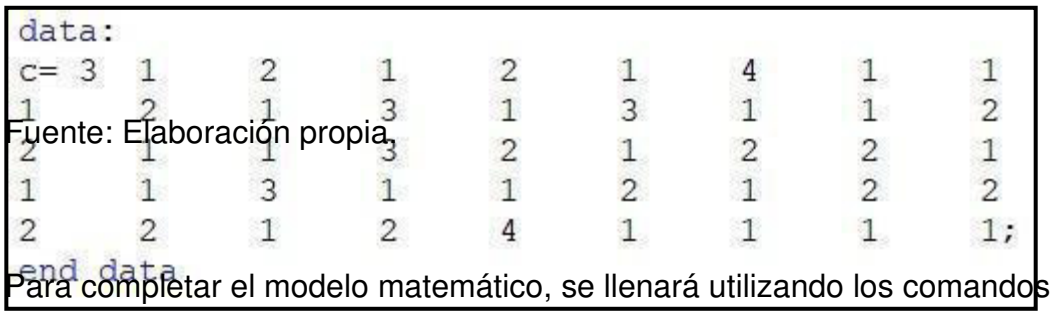
Fuente: Elaboración propia.

Se procede a llenar la matriz C_{ij} con el comando sets, esta matriz cuenta con 5 filas y 9 columnas, cuyos valores son las ventas asignadas para construcción para cada cuadrilla (filas) por cada distrito (columnas).

Como se muestra en la Figura 6 se t

Figura 6.

Matriz con las ventas asignadas para construcción de la semana



Fuente: Elaboración propia.

Para completar el modelo matemático, se llenará utilizando los comandos @sum, @for y @bin.

Figura 7.

Función objetivo del modelo.

```
Max =@sum(arco(i,j):x(i,j)*c(i,j));
@for(cuadrillas(i):@sum(distrito(j):c(i,j)*x(i,j))<=10);
@for(cuadrillas(i):@sum(distrito(j):x(i,j))=5);
@for(arco(i,j):@bin(x(i,j)));
```

Fuente: Elaboración propia.

Con lo ya obtenido se puede armar el modelo.

El modelo que se compilará será el que se muestra en la Figura 8.

Figura 8.

Modelo matemático en el software Lingo

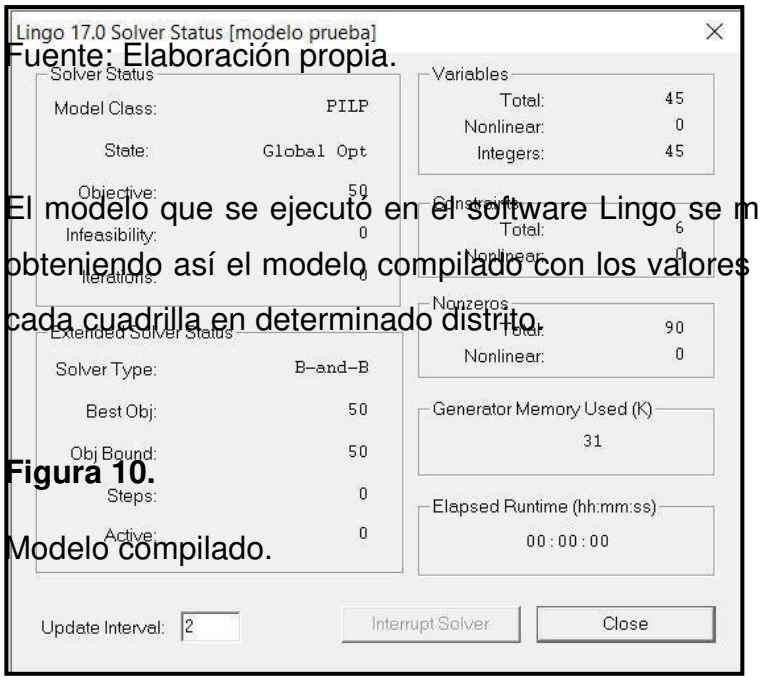
```
model:
sets:
cuadrillas/1..5/;
distrito/1..9/;
arco(cuadrillas,distrito):x,c;
end sets
data:
c= 3  1  2  1  2  1  4  1  1
1     2  1  3  1  3  1  1  2
2     1  1  3  2  1  2  2  1
1     1  3  1  1  2  1  2  2
2     2  1  2  4  1  1  1  1;
end data

Max =@sum(arco(i,j):x(i,j)*c(i,j));
@for(cuadrillas(i):@sum(distrito(j):c(i,j)*x(i,j))<=10);
@for(cuadrillas(i):@sum(distrito(j):x(i,j))=5);
@for(arco(i,j):@bin(x(i,j)));
```

Fuente: Elaboración propia.

El modelo consta de 45 variables enteras, el cual se resolvió se resolvió por el método de Branch and Brown y el tiempo de ejecución fue 0 segundos.

Figura 9.

Tiempo de compilación del modelo.



Fuente: Elaboración propia.

El modelo que se ejecutó en el software Lingo se muestra en la Figura 10, obteniendo así el modelo compilado con los valores a tener en cuenta para cada cuadrilla en determinado distrito.

Figura 10.

Modelo compilado.

Variable	Value	Reduced Cost
X(1, 1)	1.000000	-3.000000
X(1, 2)	0.000000	-1.000000
X(1, 3)	0.000000	-2.000000
X(1, 4)	0.000000	-1.000000
X(1, 5)	0.000000	-2.000000
X(1, 6)	1.000000	-1.000000
X(1, 7)	1.000000	-4.000000
X(1, 8)	1.000000	-1.000000
X(1, 9)	1.000000	-1.000000
X(2, 1)	0.000000	-1.000000
X(2, 2)	0.000000	-2.000000
X(2, 3)	0.000000	-1.000000
X(2, 4)	1.000000	-3.000000
X(2, 5)	0.000000	-1.000000
X(2, 6)	1.000000	-3.000000
X(2, 7)	1.000000	-1.000000
X(2, 8)	1.000000	-1.000000
X(2, 9)	1.000000	-2.000000
X(3, 1)	1.000000	-2.000000
X(3, 2)	0.000000	-1.000000
X(3, 3)	0.000000	-1.000000
X(3, 4)	1.000000	-3.000000
X(3, 5)	0.000000	-2.000000
X(3, 6)	0.000000	-1.000000
X(3, 7)	1.000000	-2.000000
X(3, 8)	1.000000	-2.000000
X(3, 9)	1.000000	-1.000000
X(4, 1)	0.000000	-1.000000
X(4, 2)	1.000000	-1.000000
X(4, 3)	1.000000	-3.000000
X(4, 4)	0.000000	-1.000000
X(4, 5)	0.000000	-1.000000
X(4, 6)	1.000000	-2.000000
X(4, 7)	0.000000	-1.000000
X(4, 8)	1.000000	-2.000000
X(4, 9)	1.000000	-2.000000
X(5, 1)	0.000000	-2.000000
X(5, 2)	1.000000	-2.000000
X(5, 3)	1.000000	-1.000000
X(5, 4)	1.000000	-2.000000
X(5, 5)	1.000000	-4.000000
X(5, 6)	0.000000	-1.000000
X(5, 7)	0.000000	-1.000000
X(5, 8)	0.000000	-1.000000
X(5, 9)	1.000000	-1.000000

Fuente: Elaboración propia.

- **Interpretación de resultados**

Tabla 5.

Variables binarias obtenidas

	SMP	INDEPENDENCIA	COMAS	RIMAC	LOS OLIVOS	VENTANILLA	MI PERÚ	CALLAO	CARABAYLLO
CUADRILLA 1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
CUADRILLA 2	0	0	0	1	0	1	1	1	1
CUADRILLA 3	1	0	0	1	0	0	1	1	1
CUADRILLA 4	0	1	1	0	0	1	0	1	1
CUADRILLA 5	0	1	1	1	1	0	0	0	1

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 5, los resultados que se obtienen permiten conocer qué distritos tiene que construir cada cuadrilla, con el propósito de completar las construcciones que se le asignan semanalmente.

En la Tabla 6 se puede visualizar cuantas construcciones tiene que realizar por distrito para poder cumplir con las construcciones semanales y poder evitar retrasos.

Tabla 6.

Representa la cantidad de ventas que debe construir cada cuadrilla por distrito.

	SMP	INDEPENDENCIA	COMAS	RIMAC	LOS OLIVOS	VENTANILLA	MI PERÚ	CALLAO	CARABAYLLO
CUADRILLA 1	3	0	0	0	0	1	4	1	1
CUADRILLA 2	0	0	0	3	0	3	1	1	2
CUADRILLA 3	2	0	0	3	0	0	2	2	1
CUADRILLA 4	0	1	3	0	0	2	0	2	2
CUADRILLA 5	0	2	1	2	4	0	0	0	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.

Construcciones semanales para cada cuadrilla

Cuadrillas	**Total de construcciones**

CUADRILLA 1	10
CUADRILLA 2	10
CUADRILLA 3	10
CUADRILLA 4	10
CUADRILLA 5	10

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 7, se muestra el cumplimiento de las 10 construcciones semanales por cada cuadrilla.

CONCLUSIONES

- De acuerdo con tabla que contiene la asignación empírica de construcciones a cada cuadrilla, se visualiza que en promedio se asignan 15 construcciones a cada cuadrilla semanalmente, pero en la tabla que contiene la información de construcciones realizadas en promedio por cada cuadrilla nos indica que realizan sólo 6 construcciones semanales.

- Con la implementación del modelo de Programación Lineal Entera se tiene que las cuadrillas realizan 10 construcciones semanales, lo cual permite cumplir con la cantidad máxima requerida. Este modelo permite el cumplimiento de las construcciones, la reducción de retrasos por una mejor distribución de las cuadrillas por distritos.

- Se tiene que las cuadrillas concluyen como máximo 10 construcciones, ya que con la programación inicial las cuadrillas realizaban sólo 6 construcciones de las 15 que se le asignaban, con eso ocasionaban retrasos en las ejecuciones e incomodidad con los usuarios ya que se había coordinado previamente con ellos. Además, se debe tener en cuenta la meta de las construcciones requeridas en el periodo de la licitación (600 construcciones).

- Cumpliendo con la cantidad de construcciones semanales, se logrará reducir los retrasos, avanzar con la cantidad de construcciones que solicita para cumplir la meta y además las cuadrillas lograrán realizar las construcciones necesarias para sus pagos.

RECOMENDACIONES

- Con lo antes mencionado, se recomienda que las programaciones de las construcciones de cada cuadrilla se realicen semanalmente utilizando un modelo de Programación Lineal Entera, ya que este permite realizar el trabajo en un menor tiempo a comparación de la forma empírica que utiliza actualmente la empresa.

- El modelo propuesto permitirá ser una base en caso la empresa decida aumentar o disminuir cuadrillas o distritos para realizar la programación de la asignación de construcciones para cada semana. Y se pueda cumplir con las metas solicitadas sin retrasos.

- Para este modelo no se puede considerar tiempos debido a que las construcciones tienen variaciones de distancias, lo cual dificulta que pueda darse una comparación de tiempos entre cuadrillas, por lo cual sólo se está tomando las construcciones realizadas en promedio de forma semanal.

- No se consideraron los costos porque el pago que se realiza a cada cuadrilla es de s/. 647. Pero se recomienda considerar cuánto en promedio se podría perder en caso la venta sea anulada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arellano, P. (2017). La deducibilidad del impuesto a la renta por el pago de multas generadas por retraso en la ejecución de contratos administrativos. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Beltrán, J. (2020). Modelo de asignación de personal para la operación de transporte de camiones de Gategourmet. [Tesis de Licenciatura]. Universidad de los Andes.

Canizo, E. & Lucero, P. (2002). Investigación Operativa, software para programación lineal. Universidad Tecnológica Nacional.

Flores, A. (2017). La sistematización del proceso de asignación de personal con el fin de implementar las especialidades funcionales dentro de la Policía Nacional del Perú. [Tesis de Maestría]. Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú.

Flores, C. (2017). Selección de personal según nuevos perfiles de puestos y calidad de atención en EsSalud red asistencial la libertad. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Autónoma de Ica.

Hillier, F. & Lieberman, G. (2010). Introducción a la investigación de operaciones. 9na Edición. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Julca, G., Malca, A. & Saravia, J. (2016). Modelo de programación lineal entera para mejorar la productividad del proyecto del proceso de obtención y

procesamiento de la goma de tara de industria nativa S.A.C. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Merma, L. (2019). Evaluación de las causas de sobrecostos y de los retrasos en ejecución de proyectos de infraestructura eléctrica ejecutados por contrata en el Gobierno Regional de Cajamarca 2005-2014. [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional de Cajamarca.

Rosales, D. (2020). Factores que influyen en el retraso de ejecución de obras eléctricas de redes de MT en Electrocentro s.a. periodo 2017-2018. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional del Centro del Perú.

Taha, H. (2012). Investigación de operaciones. 9na Edición. Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

Teodoro, R. (2019). Resolución de un problema real de asignación de personal a proyectos de auditoría. [Tesis de Maestría]. Universidad Politécnica de Valencia.

Winston, W. (2005). Investigación de operaciones aplicaciones y algoritmos. 4ta Edición. International Thomson Editores S.A. de C.V.

ANEXOS

Anexo 01: Modelo matemático en Lingo

MODEL:

[_1] MAX= 3 * X_1_1 + X_1_2 + 2 * X_1_3 + X_1_4 + 2 * X_1_5 + X_1_6 + 4 * X_1_7 +

X_1_8 + X_1_9 + X_2_1 + 2 * X_2_2 + X_2_3 + 3 * X_2_4 + X_2_5 + 3 * X_2_6 + X_2_7

+ X_2_8 + 2 * X_2_9 + 2 * X_3_1 + X_3_2 + X_3_3 + 3 * X_3_4 + 2 * X_3_5 + X_3_6 +

2 * X_3_7 + 2 * X_3_8 + X_3_9 + X_4_1 + X_4_2 + 3 * X_4_3 + X_4_4 + X_4_5 + 2 *

X_4_6 + X_4_7 + 2 * X_4_8 + 2 * X_4_9 + 2 * X_5_1 + 2 * X_5_2 + X_5_3 + 2 * X_5_4

+ 4 * X_5_5 + X_5_6 + X_5_7 + X_5_8 + X_5_9;

[_2] 3 * X_1_1 + X_1_2 + 2 * X_1_3 + X_1_4 + 2 * X_1_5 + X_1_6 + 4 * X_1_7 + X_1_8

+ X_1_9 <= 10;

[_3] X_2_1 + 2 * X_2_2 + X_2_3 + 3 * X_2_4 + X_2_5 + 3 * X_2_6 + X_2_7 + X_2_8 + 2

* X_2_9 <= 10;

[_4] 2 * X_3_1 + X_3_2 + X_3_3 + 3 * X_3_4 + 2 * X_3_5 + X_3_6 + 2 * X_3_7 + 2 *

X_3_8 + X_3_9 <= 10;

[_5] X_4_1 + X_4_2 + 3 * X_4_3 + X_4_4 + X_4_5 + 2 * X_4_6 + X_4_7 + 2 * X_4_8 + 2

* X_4_9 <= 10;

[_6] 2 * X_5_1 + 2 * X_5_2 + X_5_3 + 2 * X_5_4 + 4 * X_5_5 + X_5_6 + X_5_7 + X_5_8

+ X_5_9 <= 10;

[_7] X_1_1 + X_1_2 + X_1_3 + X_1_4 + X_1_5 + X_1_6 + X_1_7 + X_1_8 + X_1_9 = 5;

[_8] X_2_1 + X_2_2 + X_2_3 + X_2_4 + X_2_5 + X_2_6 + X_2_7 + X_2_8 + X_2_9 = 5;

[_9] X_3_1 + X_3_2 + X_3_3 + X_3_4 + X_3_5 + X_3_6 + X_3_7 + X_3_8 + X_3_9 = 5;

[_10] X_4_1 + X_4_2 + X_4_3 + X_4_4 + X_4_5 + X_4_6 + X_4_7 + X_4_8 + X_4_9 = 5;

[_11] X_5_1 + X_5_2 + X_5_3 + X_5_4 + X_5_5 + X_5_6 + X_5_7 + X_5_8 + X_5_9 = 5;

@BIN(X_1_1); @BIN(X_1_2); @BIN(X_1_3); @BIN(X_1_4); @BIN(X_1_5);

@BIN(X_1_6); @BIN(X_1_7); @BIN(X_1_8); @BIN(X_1_9); @BIN(X_2_1);

@BIN(X_2_2); @BIN(X_2_3); @BIN(X_2_4); @BIN(X_2_5); @BIN(X_2_6);

@BIN(X_2_7); @BIN(X_2_8); @BIN(X_2_9); @BIN(X_3_1); @BIN(X_3_2);

@BIN(X_3_3); @BIN(X_3_4); @BIN(X_3_5); @BIN(X_3_6); @BIN(X_3_7);

@BIN(X_3_8); @BIN(X_3_9); @BIN(X_4_1); @BIN(X_4_2); @BIN(X_4_3);

@BIN(X_4_4); @BIN(X_4_5); @BIN(X_4_6); @BIN(X_4_7); @BIN(X_4_8);

@BIN(X_4_9); @BIN(X_5_1); @BIN(X_5_2); @BIN(X_5_3); @BIN(X_5_4);

@BIN(X_5_5); @BIN(X_5_6); @BIN(X_5_7); @BIN(X_5_8); @BIN(X_5_9);

END

Anexo 2. Tabla de asignaciones de construcciones a cada cuadrilla en el periodo Junio – Agosto 2021

		SMP	INDEPENDENCIA	COMAS	RIMAC	LOS OLIVOS	VENTANILLA	MI PERÚ	CALLAO	CARABAYLLO
SEMANA 1	CUADRILLA 1	3	0	0	1	3	0	2	0	0
	CUADRILLA 2	1	0	2	0	1	3	0	0	0
	CUADRILLA 3	2	0	1	1	0	0	0	1	2
	CUADRILLA 4	0	0	0	1	1	0	0	0	1
	CUADRILLA 5	0	0	2	2	1	2	0	2	1
SEMANA 2	CUADRILLA 1	2	1	0	1	2	0	0	0	0
	CUADRILLA 2	1	0	1	0	2	2	0	0	1
	CUADRILLA 3	2	0	0	1	2	0	0	0	1
	CUADRILLA 4	0	1	1	1	0	0	1	2	2
	CUADRILLA 5	0	0	1	2	3	1	2	0	0
SEMANA 3	CUADRILLA 1	2	1	0	0	3	0	0	0	0
	CUADRILLA 2	0	1	2	0	0	3	0	0	0
	CUADRILLA 3	2	0	0	1	1	0	0	1	2
	CUADRILLA 4	1	0	0	1	0	0	0	1	0
	CUADRILLA 5	1	0	2	0	3	2	0	2	1
SEMANA 4	CUADRILLA 1	2	2	0	1	2	0	1	0	0
	CUADRILLA 2	1	2	1	0	0	3	0	1	0
	CUADRILLA 3	0	0	0	1	0	0	0	1	2
	CUADRILLA 4	2	2	0	2	2	0	0	0	0
	CUADRILLA 5	0	1	2	0	0	0	3	2	2

SEMANA 5	CUADRILLA 1	2	1	0	0	0	0	0	1	0
	CUADRILLA 2	0	2	2	2	2	2	0	2	0
	CUADRILLA 3	2	0	0	1	1	0	0	2	1
	CUADRILLA 4	0	1	0	0	2	0	0	2	0
	CUADRILLA 5	2	1	1	1	2	2	3	0	0
SEMANA 6	CUADRILLA 1	4	1	1	1	3	0	2	0	0
	CUADRILLA 2	0	1	1	0	2	3	0	2	0
	CUADRILLA 3	1	1	2	1	2	0	2	2	1
	CUADRILLA 4	2	2	1	1	1	0	0	1	0
	CUADRILLA 5	1	0	2	2	3	0	2	0	0
SEMANA 7	CUADRILLA 1	0	0	1	1	0	1	2	0	0
	CUADRILLA 2	0	3	1	1	2	1	0	2	1
	CUADRILLA 3	2	0	2	1	1	2	1	2	0
	CUADRILLA 4	0	1	2	0	0	0	0	0	0
	CUADRILLA 5	0	0	3	2	2	0	1	0	0
SEMANA 8	CUADRILLA 1	2	2	2	1	2	0	2	1	0
	CUADRILLA 2	0	1	0	0	2	2	2	2	0
	CUADRILLA 3	1	0	1	0	1	0	0	0	2
	CUADRILLA 4	2	1	0	1	1	0	2	2	0
	CUADRILLA 5	2	0	1	0	1	1	1	0	0
SEMANA 9	CUADRILLA 1	0	1	0	2	2	0	1	0	1
	CUADRILLA 2	0	2	0	1	2	0	1	1	0
	CUADRILLA 3	2	0	0	3	0	0	0	1	2
	CUADRILLA 4	2	4	1	1	1	0	0	2	0

	CUADRILLA 5	0	2	1	0	1	0	2	0	1
SEMANA 10	CUADRILLA 1	1	0	0	2	1	2	1	2	0
	CUADRILLA 2	2	3	0	0	0	0	0	2	2
	CUADRILLA 3	1	0	0	3	1	0	2	2	1
	CUADRILLA 4	1	3	1	0	0	2	1	1	0
	CUADRILLA 5	0	0	1	2	1	0	1	0	0
SEMANA 11	CUADRILLA 1	4	2	0	1	1	1	2	0	2
	CUADRILLA 2	0	2	2	0	0	0	0	1	0
	CUADRILLA 3	0	0	0	2	2	0	0	1	0
	CUADRILLA 4	0	1	0	1	0	2	0	0	1
	CUADRILLA 5	0	0	1	1	2	0	1	0	1
SEMANA 12	CUADRILLA 1	0	0	2	1	1	2	2	0	2
	CUADRILLA 2	0	2	2	1	1	0	1	0	0
	CUADRILLA 3	2	1	0	2	0	2	1	0	2
	CUADRILLA 4	2	1	2	1	1	0	0	2	1
	CUADRILLA 5	0	0	1	1	1	1	1	0	0
SEMANA 13	CUADRILLA 1	2	2	0	1	0	0	2	1	0
	CUADRILLA 2	0	0	1	0	2	2	1	1	1
	CUADRILLA 3	0	1	0	2	1	0	0	1	0
	CUADRILLA 4	0	1	2	2	1	1	0	1	0
	CUADRILLA 5	0	2	1	1	1	1	2	0	0
SEMANA 14	CUADRILLA 1	0	2	0	0	1	0	2	0	1
	CUADRILLA 2	1	3	1	1	1	2	1	2	1
	CUADRILLA 3	2	0	0	1	0	1	0	1	0

	CUADRILLA 4	0	2	0	1	1	1	2	1	1
	CUADRILLA 5	0	0	0	1	0	0	2	0	0