



**Informe de Prácticas Profesionales como
Opción de Grado**



**DISEÑO DE UN MODELO DE PROYECCIÓN DE MOVIMIENTO DE ISLAS DE
COMBUSTIBLE EN LA EMPRESA DRUMMOND LTD.**

PRESENTADO POR:

Yesselis López Batista

Código:

2015216063

PRESENTADO A:

**Ing. Jonathan Fernández de castro Gallego
Tutor Prácticas profesionales.**

**Alfonso Vidal
Tutor empresarial - Jefe inmediato empresa**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA INDUSTRIAL**

Fecha de entrega: 12/05/2021



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



DRUMMOND LTD.
COLOMBIA

Contenido

| | |
|--|----|
| 1. PRESENTACIÓN..... | 3 |
| 2. OBJETIVOS Y/O FUNCIONES | 4 |
| 2.1. Objetivo General: | 4 |
| 2.2. Objetivos Específicos: | 4 |
| 2.3. Funciones del practicante en la organización: | 4 |
| 3. JUSTIFICACIÓN: | 5 |
| 4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA:..... | 6 |
| 5. SITUACIÓN ACTUAL | 11 |
| 6. BASES TEÓRICAS RELACIONADAS | 13 |
| 7. DESARROLLO DE ACTIVIDADES: | 15 |
| 8. CRONOGRAMA:..... | 21 |
| 9. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS | 22 |
| 10. BIBLIOGRAFÍA..... | 23 |
| ANEXOS..... | 24 |



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



1. PRESENTACIÓN

A partir de mis prácticas profesionales estoy llevando a cabo el proyecto denominado “DISEÑO DE UN MODELO DE PROYECCIÓN DE MOVIMIENTO DE ISLAS DE COMBUSTIBLE EN LA EMPRESA DRUMMOND LTD.” La empresa Drummond LTD es una compañía dedicada a la exploración, explotación, transporte y exportación de carbón.

Actualmente la empresa Drummond LTD, cuenta con presencia en el departamento del Magdalena y el Cesar y una flota de 12 trenes con configuración de 3 locomotoras y 150 vagones por tren. Estas instalaciones y equipos hacen de Drummond uno de los mayores exportadores y transportadores de carbón del país, por ende, es necesario tener un modelo de proyección en los procesos de la organización, apto para lograr un mejoramiento continuo y así una mayor competitividad en el mercado, tener una capacidad de respuesta para el tratamiento del carbón, procesos definidos y optimización de estos que involucren la extracción de carbón para lograr una gestión eficiente. De esta manera se ha decidido realizar un modelo de programación lineal que permita proyectar los movimientos de las islas de combustible con el objetivo de aumentar la productividad del proceso del traslado del material hacia botaderos y disminuir los costos de esta operación.

Con la realización de este proyecto se pretende mejorar significativamente la forma actual de manejar el transporte del material hacia los botaderos, identificando en primera instancia todos los procesos y etapas que incurren en el abastecimiento de combustible por parte de los vehículos encargados que estén involucrados directa o indirectamente en la extracción del carbón, distancias recorridas y costos que influyen directamente en la organización.

Para abordar este diseño se identificaron algunas falencias por lo cual se tuvieron en cuenta varios puntos clave para el desarrollo de esta propuesta que se expresan a lo largo del documento. Finalmente teniendo en cuenta que Drummond LTD se destaca por su mejora continua, aumento en la productividad y búsqueda de alternativas que permitan crecer a la empresa, razón por la cual la empresa realizará un modelo que de programación para buscar disminuir sus costos y tiempos en las distancias recorridas por los vehículos que transportan el combustible.



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



2. OBJETIVOS Y/O FUNCIONES

2.1. Objetivo General:

Optimizar el proceso de abastecimiento de combustible por medio del diseño de un modelo de proyección de movimiento de islas de combustible, que permita crear una rutas y puntos estratégicos para la ubicación de las islas, tomando como principio la mejora continua, generando con esto un ahorro en distancias y tiempos a los departamentos de procesos y mantenimiento lo cual significaría un mejor margen de utilidad para la compañía.

2.2. Objetivos Específicos:

- Realizar un diagnóstico del proceso de movimiento de islas de combustible en el departamento de procesos de la empresa Drummond Ltd.
- Establecer un modelo de proyección de movimiento para optimizar los tiempos de recorrido y aumento de la productividad.
- Socializar el modelo de proyección de movimiento creado para promover su conocimiento y aplicación dentro de la organización.

2.3. Funciones del practicante en la organización:

- Mejora de procesos mediante proyectos de ingeniería Industrial en los Departamentos de Producción y Mantenimiento.
- Análisis estadísticos en los proyectos de mejoras de procesos.
- Apoyo al programa de Recuperación de Carbón de la compañía. Implementación de técnicas para la mejora en la calidad del carbón.
- Digitación de reportes de producción.
- Soporte al Departamento de Ingeniería de Producción en las diferentes tareas que se desarrollan en la Mina el Descanso.

3. JUSTIFICACIÓN:

En la actualidad la competencia ha aumentado considerablemente y el mercado es cada vez más reducido, por lo que las empresas deben buscar mecanismos que les permitan innovar, buscando reducir costos y aumentar su productividad.



Por su parte Drummond LTD es uno de los mayores explotadores, exportadores y transportadores de carbón en Colombia por lo que ve en la implementación de un modelo de proyección de movimiento una necesidad para seguir creciendo la empresa, brindando al departamento de procesos y mantenimiento un ahorro en las distancias recorridas de los vehículos que transportan el combustible permitiendo crear una ruta y puntos estratégicos para la ubicación de las islas, tomando como principio la mejora continua que les permitan sobresalir dentro de la gama de competidores, generando seguridad y confianza en los tiempos de respuesta.

Según Alvarado Boirivant, J. (2009) La programación lineal propone formas particulares de abordaje a problemas empresariales, aprovechando los actuales avances Informáticos, ofreciendo gran ayuda a la hora de valorar futuras estrategias de desarrollo y mejora de una empresa, algunas ventajas que resultan de su aplicación son:

- Brinda un plan óptimo detallado para lograr el resultado (máximo o mínimo) óptimo.
- Identifica costos de oportunidad interno de cada recurso o insumo limitante

Según E. Castello Muñoz. (1997). Toda gama de modelos de optimización constituye una importante herramienta para el empresario a la hora de adoptar decisiones económicas en la gestión empresarial.

La implementación del modelo de proyección mediante programación lineal es de importancia para la empresa debido a que con este proyecto se ve necesario disminuir las distancia y ubicar en puntos estratégicos las islas de combustibles en el que se describe y analiza cada situación en busca de encontrar los mejores resultados para la toma de decisión con respecto a donde y cuando localizar las islas de combustibles con la finalidad de conseguir la reducción de tiempos por demoras en el traslado de los vehículos, permitiendo mayor eficiencia en tiempos de recorrido para alcanzar beneficios en cuanto al desarrollo del proceso que finalmente se refleja en su productividad.

| | | |
|---|--|--|
|  | Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado |  DRUMMOND LTD. COLOMBIA |
|---|--|--|

4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA:

| | |
|-----------------------------|--|
| RAZÓN SOCIAL: | Drummond LTD. |
| NIT: | 800.021.308-5 |
| TIPO DE EMPRESA: | Minera |
| Nº DE EMPLEADOS: | 6.000 |
| TIPO DE SOCIEDAD: | Sociedad Comercial |
| ACTIVIDAD ECONÓMICA: | Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y productos conexos |
| OBJETO SOCIAL: | Tendrá como objeto social principal la comercialización y venta de productos colombianos en el exterior, adquiridos en el mercado interno o fabricados por productores socios de las mismas, lo cual incluye la compra, venta, exportación, Distribución y comercialización de minerales y de hidrocarburos. |
| DOMICILIO: | Km 31 Vía San Roque, Bosconia en el Departamento del Cesar |
| TELÉFONOS: | PBX: (+57-5) 571-9300 |
| E-MAIL: | correo@drummondLtd.com |
| GERENTE: | Augusto Jiménez Mejía |

Fuente: Tomado de la matricula mercantil de Drummond ltd., 2021

INFORMACIÓN BÁSICA

Drummond Company Inc. es una compañía privada de explotación y procesamiento de carbón original de Birmingham, Alabama, Estados Unidos.

RESEÑA HISTÓRICA

La compañía fue fundada en Jasper, Alabama, en 1935 por H. E. Drummond, y continúa siendo manejada por sus hijos.

Durante la década de los 80, Drummond Company Inc. evaluó diferentes alternativas de inversión en proyectos carboníferos en varios países del mundo, tanto en el mercado del Pacífico como del Atlántico. Finalmente, en 1987, basándose en factores como el recurso



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



humano, la geología, la tecnología, el acceso al mercado y la sostenibilidad ambiental, consideró a Colombia como la mejor opción.

Drummond Company Inc. constituyó Drummond Ltd. para el desarrollo de sus proyectos en Colombia. A finales de los 80 y comienzos de los 90, Drummond inició los trabajos de exploración, así como estudios socioeconómicos y ambientales en los municipios de influencia en el departamento del Cesar que incluyen El Paso, La Jagua de Ibirico, Chiriguana, Becerril y Agustín Codazzi. Estas investigaciones permitieron conocer los perfiles de la población en edad de trabajar y la situación social y económica de sus habitantes. Igualmente, se determinaron condiciones del aire, del agua, de la flora y de la fauna de la región, con el fin de protegerlos o recuperarlos.

Durante los siguientes 20 años Drummond ha obtenido, a través de esta sucursal, los derechos y licencias para la exploración, explotación y exportación de carbón. En esta zona se encuentran las concesiones mineras de La Loma, donde se ubica la Mina Pribbenow, y El Descanso, donde se ubica la mina con el mismo nombre. La compañía cuenta, a su vez, con otras tres concesiones mineras en el área, denominadas Rincón Hondo, Similoa y Cerrolargo, Entre todas las compañías cuenta con más 1.200 millones de toneladas en reservas.

La presencia de Drummond ha sido importante para la economía regional y nacional. Con el inicio de la producción, la compañía emprendió un proceso de mejoramiento continuo y expansión de las operaciones mineras, férreas y portuarias.

Las minas están conectadas a través de 195 kilómetros de vía férrea, cuya concesión es de Ferrocarriles del Norte de Colombia (FENOCO), con nuestro puerto de exportación – uno de los más modernos de la región, con sistema de cargue directo y capacidad para exportar hasta 60 millones de toneladas al año– en Ciénaga, Magdalena. Para eso contamos con una flota de 12 trenes con una configuración de 3 locomotoras y 150 vagones por tres, con una capacidad de 7500 toneladas cada uno.

En el 2019 cumplimos cuatro años consecutivos de ser los mayores productores y exportadores de carbón — cerca de 32 millones de toneladas transportadas a más de 24 países alrededor del mundo, ayudando a garantizar la generación eléctrica, esencial para el desarrollo de cualquier nación.



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



Hacemos todo lo anterior con los más altos estándares de sostenibilidad, cumpliendo con por lo menos 10 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. También contamos con las certificaciones ISO 14001 para el medio ambiente, OHSAS 18001 para higiene y salud ocupacional, y nos adherimos a los principales estándares de Derechos Humanos, como los Principios Rectores de las Naciones Unidas para Empresas y Derechos Humanos, y los Principios Voluntarios en Seguridad y Derechos Humanos.

Paralelo al desarrollo minero, otra filial de Drummond Company Inc que opera en el país es Drummond Energy Inc, que tiene 6 contratos para la exploración y desarrollo de proyectos de hidrocarburos, tales como la producción en la actualidad de un millón de pies cúbicos al día de gas metano asociado a mantos de carbón.

MISIÓN

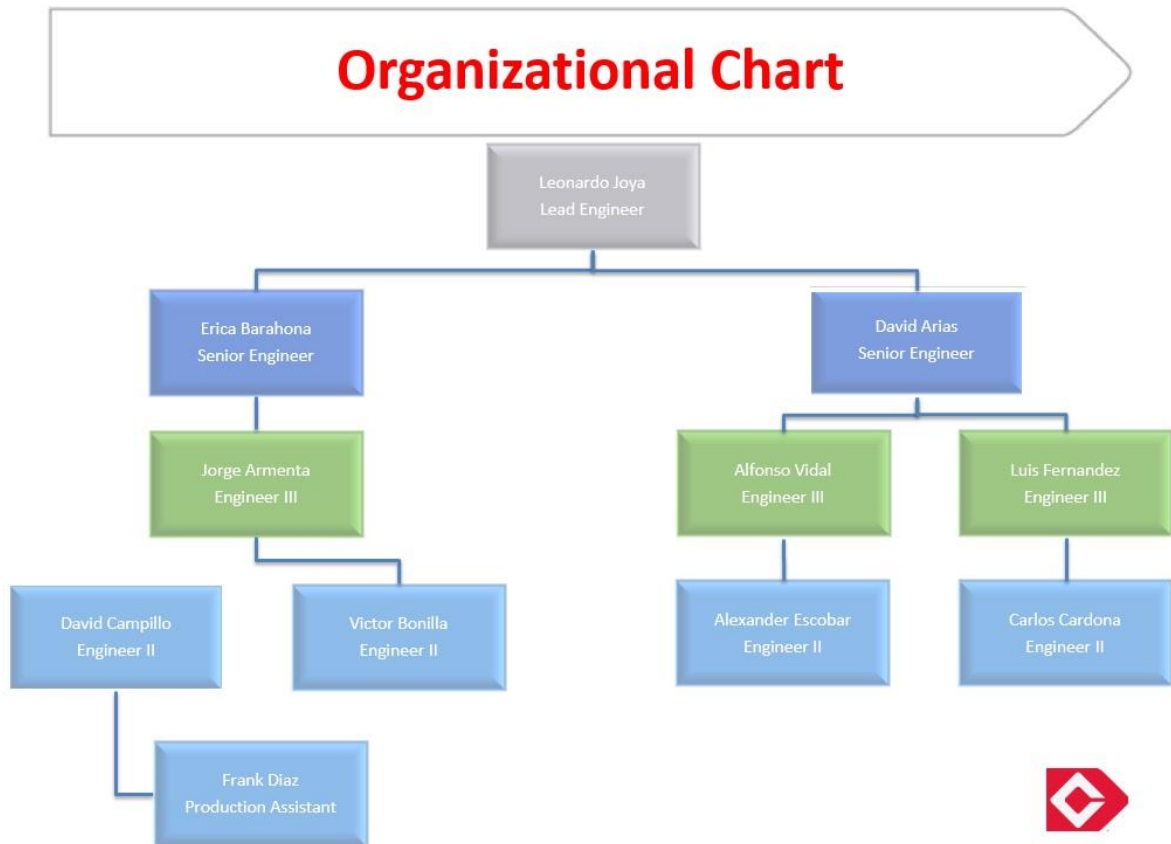
Explotación y comercialización de carbón de alta calidad y más bajo precio en el mundo, con respeto al medio ambiente, al recurso humano y a la comunidad de influencia.

VISIÓN

Ser el productor de carbón a largo plazo, más seguro, confiable, productivo y a bajo costo en el mundo, con altos estándares de seguridad, salud, medio ambiente, desarrollo sostenible, y con responsabilidad social.



ORGANIGRAMA



PROCESOS

La operación de Drummond Internacional incluye las minas de carbón a cielo abierto de Mina Pribbenow y El Descanso, ubicadas en la cuenca del Cesar, cerca de La Loma; Puerto Drummond, un puerto marítimo de aguas profundas en el Mar Caribe cerca de Santa Marta; y las instalaciones para el manejo y transporte de carbón. Drummond transporta el carbón desde las minas 193 km por tren en la parte rehabilitada de la Red Férrea Nacional de Colombia directamente a Puerto Drummond, el puerto marítimo de aguas profundas. Este puerto tiene la capacidad de carga de todos los tamaños de buques.

POLITICAS

- **Políticas de seguridad, salud y medio ambiente**

La explotación y comercialización de carbón en Drummond está basada en el respeto al medio ambiente, la seguridad y salud del recurso humano y el desarrollo de las comunidades de influencia, a través de la implementación de mejores prácticas de producción de carbón en lo que a seguridad, salud, medio ambiente y comunidades respecta.

- **Política de responsabilidad social**

El bienestar y satisfacción laboral de todos sus empleados, el cumplimiento de los principios éticos y morales que van más allá de la aplicación de las leyes y las normas, el desarrollo local y global y la protección y preservación del medio ambiente, son insustituibles en Drummond.

- **Política de selección de RH**

La política de selección en Drummond LTD está orientada a darles prioridad a los candidatos que provienen del área de influencia inmediata a la mina y al puerto, y en general de los departamentos del Cesar y el Magdalena. Es necesario que quienes aspiren a un cargo en la empresa reúnan los requisitos mínimos necesarios en cuando a habilidades y conocimientos para desempeñarlos.

Fuente: <https://www.drummondLtd.com/>



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



5. SITUACIÓN ACTUAL

Drummond LTD dedicada al Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos, Gaseosos y productos conexos, como el carbón, el principal objetivo es ser la empresa líder en comercialización nacional e internacional logrando cada vez más una mayor penetración en el mercado, así mismo ofrecer un portafolio de productos para las pequeñas y medianas empresas creando alianza en cuanto a la labor de producción de los bienes que estén comercializando nuestro producto.

La empresa Drummond Ltda. Es la encargada de producir en la actualidad un millón de pies cúbicos al día de gas metano asociado a mantos de carbón, así mismo es la encargada de exportar el gran parte del mineral al exterior, actualmente en la empresa se han presentado atrasos en los camiones o vehículos que llegan a tanquear a las islas de combustible esto se ve reflejado en las distancias recorridas debido a que son muy largas y los puntos donde está ubicada cada isla por lo que incurren en costos y cuellos de botellas en cuanto a los tiempos de productividad.

Actualmente, a pesar que la empresa cuenta con un reconocimiento en el mercado por su capacidad de producir los minerales, responsabilidad social, de medio ambiente y calidad hay procesos que no se encuentran estandarizados, se pueden notar varios atrasos y sobrecostos, desde la recepción de la materia prima hasta las cantidades de comida elaboradas, debido a que los departamentos no trabajan en conjunto y las distancias son muy largas, lo que puede afectar la producción y costos, así mismo que se pierda dinero a la hora de la exagerada cantidad de comida que se elabora, donde no se tiene estipulado una cantidad exacta de comida que se debe hacer. En cuanto al departamento de procesos se encarga de las volturas, muestreo del carbón y estudio de proyectos donde se hace la llegada de los camiones de combustible y se cronometra, sin embargo, no se estipula el tiempo de cargue y tiempo de recorrido.

Por otra parte el departamento de procesos vela por que cada proceso se realice de forma impecable, sin embargo se nota un cuello de botella en cuanto a la logística de cargue y puntos donde se debe realizar esta operación, lo que está generando un tiempo que se puede aprovechar para la producción y por otro lado causa que no se pueda tener un seguimiento constante con respecto a cada actividad que se realiza en el departamento de producción de la empresa.



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado

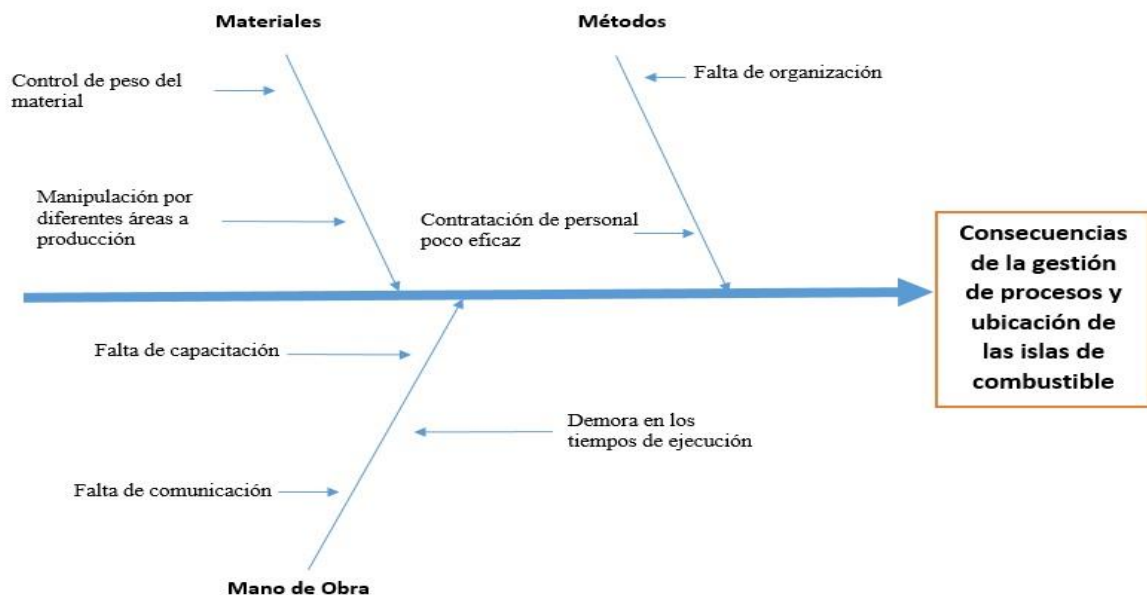


La aplicación de este proyecto se ve reflejado favorablemente en el proceder del área, la logística mejora factiblemente y los tiempos de recorrido permiten que disminuyan los costos de traslado y que se pueda producir más en menos tiempo, por otro lado confiere que las personas que están directa e indirectamente involucradas con la actividad que tengan conocimiento sobre los cambios y puntos estratégicos donde estarán ubicadas cada isla y de esta forma puedan proceder con más eficiencia y efectividad a la hora de tanquear el combustible y producir la materia prima.

En el tiempo de funcionamiento de la empresa se han presentado varios inconvenientes en el departamento de procesos y los demás departamentos en general debido a la poca organización y planificación, generando cuellos de botellas que impiden avanzar a la compañía en la reducción de costos.

Tales como:

- Control de la carga, el área logística no realiza la revisión exhaustiva del transporte que se consolida.
- Demora en los tiempos de ejecución debido a los imprevistos que se presentan en ocasiones por las distancias recorridas.
- Personal poco capacitado, los trabajadores de las otras áreas no tienen de los tiempos que se demora cada camión que dirige a los botaderos.



Fuente: Elaboración propia

6. BASES TEÓRICAS RELACIONADAS

Tabla 1. Asignaturas.

| Asignatura | Ciclo | Temas aplicados | Aportes de la asignatura | Docente |
|---------------------------------|-------------|--------------------------|---|-------------------|
| Seminario I | General | Elementos de laboratorio | Actividades realizadas en el laboratorio de calidad | Yazmin Peña |
| Control estadístico de procesos | Profesional | Optimización de procesos | Creación de matriz de autodiagnóstico | Manuel Campuzano |
| Estadística I | General | Modelos estadísticos | Diagnóstico de la empresa | Jhon Jairo Vargas |
| Investigación de operaciones i | Profesional | Programación lineal | Establecer el modelo de proyección de movimientos | Raúl Pacheco |

A continuación, la información se complementa con algunos conceptos claves necesarios para el desarrollo del proyecto

| TECNICAS | HERRAMIENTAS | DEFINICIÓN |
|---|----------------------|--|
| Técnicas de Análisis de procesos | Diagrama de Ishikawa | Es una forma cualitativa de describir un problema o un efecto, por medio de la definición de las causas que lo generan |
| Técnicas de control estadístico | Seis Sigma | Utiliza herramientas y métodos estadísticos para definir los problemas; consiste en medir, analizar información, emprender mejoras, controlar procesos, rediseñar productos o procesos, lo que permite reducir la variación, los defectos y los errores de todos los procesos, para así minimizar los costos e incrementar los márgenes de ganancia. |
| Técnicas estadísticas | Toma de muestras | Es el procedimiento que consiste en recoger partes, porciones o elementos representativos de un terreno, a partir de las cuales se realizará un reconocimiento geotécnico del mismo. |
| | Métodos y tiempos | El Estudio de Métodos y Tiempos es la técnica por excelencia para minimizar la |



**Informe de Prácticas Profesionales como
Opción de Grado**



| | | |
|------------------------------|--------------------------|--|
| | | cantidad de trabajo, eliminar los movimientos innecesarios y substituir métodos. La medición del trabajo a su vez, sirve para investigar, minimizar y eliminar el tiempo improductivo, es decir, el tiempo durante el cual no se genera valor agregado. |
| | Programación lineal | Es un procedimiento matemático para determinar la asignación óptima de recursos escasos. La PL es un procedimiento que encuentra su aplicación práctica en casi todas las facetas de los negocios, desde la publicidad hasta la planificación de la producción. |
| | Simulación de procesos | Es un ejercicio que combina diferentes técnicas analíticas como estadística, probabilidad y procesos estocásticos, con elementos de programación y análisis de procesos. Para hacerlo efectivo, la clave está en lograr un adecuado balance entre la técnica y la solución de la situación de interés. |
| Técnicas de seminario | Formulación de proyectos | La formulación es la etapa centrada en el diseño de las distintas opciones del proyecto, lo que significa sistematizar, un conjunto de posibilidades técnicamente viables, para alcanzar los objetivos y solucionar el problema que motivó su inicio. |

7. DESARROLLO DE ACTIVIDADES:

7.1. Realizar un diagnóstico del proceso de movimiento de islas de combustible en el departamento de procesos de la empresa Drummond Ltd.

Se realizó un diagnóstico a la empresa Drummond LTD. Sobre la gestión de los procesos involucrados en el departamento y las distancias recorridas de los camiones de combustible, tomando como principio el modelo de programación lineal que muestra los costos en los que recurre la empresa y los tiempos que se podrían ahorrar con el problema presentado actualmente

7.2. Establecer un modelo de proyección de movimiento para optimizar los tiempos de recorrido y aumento de la productividad.

1. Revisión detallada del departamento de producción y mantenimiento.

En primera instancia para dar paso al establecimiento del modelo se consultó el sistema de carga y traslados que implementa la empresa actualmente y que tiempo se tiene estipulado o cronometrado que cumplen los vehículos al momento de dirigirse a las islas, la forma en cómo se aplican los tiempos y las falencias que se presentan en cuanto a la organización, se encontraron algunas falencias en cuanto a que no se tiene en cuenta los imprevistos, por lo que en ocasiones varía el tiempo estipulado para el cargue y vuelta de cada camión que se ve reflejado en la productividad.

2. Seguimiento con el jefe del departamento

Se realizó un seguimiento exhaustivo en compañía del jefe de producción, donde se abordaron temas en cuanto al funcionamiento de la empresa y el tiempo que tienen implementando las rutas para el recorrido de cada camión hacia las islas de combustible, líneas de mando y costos que genera cada distancia, en este se identificó la falta de personal en el área, liderazgo por parte de la organización y poco conocimiento de las otras áreas de la empresa, por otro lado se tocaron puntos fuertes con respecto a la cantidad de dinero que se ahorrarían al tener una mejor ubicación de cada isla y lo que podría representar para la empresa en cuanto a crecimiento colectivo.



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



3. Establecimiento del modelo de proyección a implementar

Para la estructuración del modelo, se tuvieron en cuenta varios factores que influyen directamente en la empresa, responsabilidades y roles, reflejándolos en el área y cómo afecta cada ubicación y recorrido a los otros departamentos de la empresa, tomando como base el modelo de programación lineal, definiendo el problema objetivo con el que se pretende maximizar la productividad y disminuir los costos.

MODELO DE PROYECCION DE MOVIMIENTOS DE LAS ISLAS DE COMBUSTIBLE

Mediante el Proyecto se busca optimizar los tiempos de traslado de los camiones hacia las islas de combustibles, con el fin de aumentar el tiempo productivo del traslado de material a los botaderos debido a que actualmente en la empresa esta decisión es tomada a consideración razonable, pero sin bases exactas de la aplicación de un modelo o alguna otra forma que sustente esa decisión a futuro.

PROGRAMACION LINEAL PARA PROYECTAR LAS UBICACIONES ESTRATÉGICAS

La programación lineal aborda una clase de problemas de programación donde tanto la función objetivo a optimizar como todas las relaciones entre las variables correspondientes a los recursos son lineales. Este problema fue formulado y resuelto por primera vez a fines de la década del 40. Rara vez una nueva técnica matemática encuentra una gama tan diversa de aplicaciones prácticas de negocios, comerciales e industriales y a la vez recibe un desarrollo teórico tan exhaustivo en un período tan corto. Hoy en día, esta teoría se aplica con éxito a problemas de presupuestos de capital, diseño de dietas, conservación de recursos, juegos de estrategias, predicción de crecimiento económico y sistemas de transporte. Recientemente la teoría de la programación lineal también contribuyó a la resolución y unificación de diversas aplicaciones.



MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL APLICADO EN PRODUCCIÓN

NODOS

- Centro de distribución o islas de combustible
- Bloque de donde que saca material (PIT)
- Botaderos

Definición de conjuntos

1. Se denota el conjunto centro de distribución J

$$\{j \in J / j \subseteq \mathbb{N}\}$$

2. Se denota el conjunto Pit G

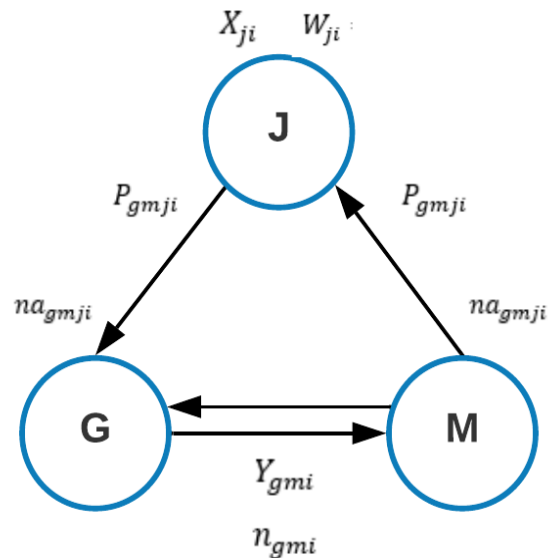
$$\{g \in G / g \subseteq \mathbb{N}\}$$

3. Se denota el conjunto botadero M

$$\{m \in M / m \subseteq \mathbb{N}\}$$

4. Se denota el conjunto periodo I

$$\{i \in I / i \subseteq \mathbb{N}\}$$



El modelo construido considera dos criterios, expresados en las siguientes funciones objetivos:



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



- (1) Costo total que incluye, costo de traslado y acondicionamiento de las islas, más el costo de consumo promedio de combustible, costo de personal y costo de aprovisionamiento de camiones.
- (2) Distancia recorrida por vehículos de acarreo (camiones). Las funciones correspondientes se dan a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z_1 = & \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} F_{ij} x_{ij} + \sum_{m \in M} \sum_{i \in I} \sum_{g \in G} Q_{gmi} y_{gmi} n_{gmi} + \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} R_{ji} W_{ji} x_{ij} \\ & + \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} \sum_{g \in G} \sum_{m \in M} Q_{a_{gmji}} p_{gmji} n_{a_{gmji}} x_{ij} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Min } Z_2 = & 2 \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} \sum_{g \in G} DA_{gmi} y_{gmi} n_{gmi} + \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M} \sum_{g \in G} DB_{mji} p_{gmji} n_{a_{gmji}} x_{ij} \\ & + \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} \sum_{m \in M} \sum_{g \in G} DC_{gji} p_{gmji} n_{a_{gmji}} x_{ij} \end{aligned}$$

Los parámetros utilizados en las funciones anteriores son:

F_{ji} = Costo de trasladar la isla j en el periodo i

Q_{gmi} = Costo promedio de transportar el material desde el pit g hasta el botadero m en el periodo i

DA_{gmi} = Distancia recorrida por el vehículo de acarreo desde el pit g hasta el botadero m en el periodo i

DB_{mji} = Distancia recorrida por el vehículo de acarreo desde el botadero m hasta la isla j en el periodo i

DC_{gji} = Distancia recorrida por el vehículo de acarreo desde la isla j hasta el pit g en el periodo i

R_{ji} = Costo de mantener un operador en la isla j en el periodo i

H_{mi} = Capacidad que puede almacenar el botadero m en el periodo i

T_{gi} = Capacidad extraída del pit g en el periodo i

U = Cantidad de material promedio transportado por el vehículo de acarreo

P_j = Porcentaje mínimo de la capacidad de la isla j

β = Numero de abastecimientos por operarios

γ = Numero de camiones por pala



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



MIENTRAS QUE LAS VARIABLES DE DECISION SON:

w_{ji} = Numero de operarios en la isla j en el periodo i

x_{ji} = Traslado de la isla j en el periodo i

na_{gmji} = Numero de abastecimiento promedio por cada vehiculo de acarreo en la isla j provenientes del pit g en el botadero m en el periodo i

n_{gmi} = Numero promedio de acarreos desde el pit g hasta el botadero m en el periodo i

y_{gmi} = Numero de vehiculos de acarreos asignados desde el pit g hasta el botadero m en el periodo i

p_{gmji} = Numero de vehiculos de acarreos que se abastecen en la isla j provenientes del pit g y el botadero m en el periodo i

LAS RESTRICCIONES IMPUESTAS AL MODELO SON:

- **Capacidad del botadero.**

$$\sum_{g \in G} U n_{gmi} y_{gmi} \leq H_{mi}$$

- **Capacidad del Pit:** Cantidad de material extraído debe ser menor o igual a la cantidad de material del Pit

$$\sum_{m \in M} U n_{gmi} y_{gmi} \leq T_{gi}$$

- **Operarios máximos:** Debe ser menor o igual a 2.

$$w_{ji} \leq 2$$

- **Número de abastecimiento total por isla.**

$$\beta w_{ji} \geq \sum_{g \in G} \sum_{m \in M} p_{gmji} na_{gmji}$$



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



- No se abre una isla a menos que se atienda un determinado número de camiones.

$$\beta P_j w_{ji} \geq \sum_{g \in G} \sum_{m \in M} p_{gmji} n_{a_{gmji}}$$

- El número de islas que se trasladan deben ser menor o igual a 3.

$$\sum_{i \in I} X_{ji} \leq 3$$

- **Vehículos de acarreo máximos:** El número de vehículos asignados en el periodo debe ser menor o igual al número de vehículos de acarreo disponibles.

$$\sum_{g \in G} \sum_{m \in M} y_{gmi} \leq Y$$

- **Numero de palas por Pit.**

$$\gamma \sum_{m \in M} y_{gmi} \geq P_g$$



**Informe de Prácticas Profesionales como
Opción de Grado**



**DRUMMOND LTD.
COLOMBIA**

8. CRONOGRAMA:

Diagrama de Gantt

| FASES | ACTIVIDAD | SEMANAS | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| FASE I | Selección tema de proyecto | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| | Recolección de información sobre tema propuesto. | | | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| FASE II | Diseño de investigación. | | | | | | | ■ | | | | | | | | | |
| | Marco teórico. | | | | | | | | ■ | | | | | | | | |
| | Análisis de información. | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | |
| FASE III | Diseño de modelo. | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| | Redacción y revisión. | | | | | | | | | | | | | | ■ | | |
| | Análisis e interpretación de datos. | | | | | | | | | | | | | | ■ | | |
| FASE IV | Revisión de correcciones según concepto de tutor. | | | | | | | | | | | | | | | ■ | |
| | Informe final. | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



9. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

La explotación de minería de carbón a cielo abierto conlleva a una serie de actividades complejas, orientadas a etapas de desarrollo y producción. Con el transcurso del tiempo las zonas o áreas a explotar van tomando un avance, por lo que se debe hacer una planeación tanto a corto, mediano y largo plazo, para así tomar decisiones acertadas. En este caso la localización de islas de combustibles que abastecen los equipos de acarreo, es fundamental para que la producción y movimiento de material se haga con la máxima eficiencia de equipos como resultado de una logística armónica, la cual tenga efectos favorables en términos de distancia y costos.

En este trabajo se diseñó un modelo de programación lineal bi-objetivo con dos criterios costos y distancias, en la que se permite simultáneamente: encontrar punto óptimo para ubicar las islas de tal forma que estas no estén generando costos innecesarios, asegurando un abastecimiento de combustible a por lo menos un porcentaje mínimo de vehículos de acarreo (camiones), considerando el factor de cantidad de vehículos asignados para transportar material a botaderos, por equipos o también llamadas Palas en área (PIT). Por otro lado, en términos de distancia, reducir largos recorridos por camiones para que finalmente se logre tener ciclos más reducidos, y así el aumento de la productividad. Como resultado del diseño del modelo, se observó gran cantidad de variables en el proceso por lo que fue fundamental concretar un alcance o rango de trabajo más general que específico.

Posteriormente al diseño del modelo, se realizó una etapa de investigación para definir un método matemático que este acorde a todas las variables y restricciones definidas para la solución y debida implementación de lo propuesto, por lo que se propone el método de escalarización. Cabe considerar la importancia de obtener toda la información de costos pertinente y distancias de las posibles ubicaciones encontradas para la puesta en marcha del modelo de programación lineal bi-objetivo.

El modelo sugerido demuestra una opción de trabajar sobre un soporte más exacto y definido, en donde se evidencie resultados concisos, consiguiendo mejorar la planificación de ubicación de islas de combustible a través de la optimización multicriterio.



Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



10. BIBLIOGRAFÍA

- Moya, M. (1998). La programación lineal. Costa, Rica: EUNED. 264 p.
- J. Alvarado Boirivant, “La programación lineal aplicación de las pequeñas y medianas empresas”, Reflexiones, 88(1), 2009.
- Gaytan, J., Arroyo, P., & Colon, R. (2012). Un modelo bi-criterio para la ubicación de albergues, como parte de un plan de evacuación en caso de inundaciones. *Revista ingeniería industrial*, 56.

ANEXOS

| N° | Relación de Anexos |
|-----------|-------------------------------|
| 1 | Investigaciones desarrolladas |
| 2 | Estudios técnicos |