



# IMPACTO EN EL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA EMPRESA PREBEL, BODEGA RIONEGRO, UTILIZANDO LA TÉCNICA DMAIC

## IMPACT ON ENERGY CONSUMPTION IN THE PREBEL COMPANY, RIONEGRO WINERY, USING THE DMAIC TECHNIQUE

**Esteven Osorio Avendaño<sup>1</sup>**

**Paula Catalina García Giraldo<sup>2</sup>**

**Marta Lucía Cardona Ochoa<sup>3</sup>**

**Luz María Gallo Londoño<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería en productividad y Calidad. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid Antioquia. Colombia

<sup>2</sup> Docente de cátedra. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Antioquia. Colombia

<sup>3</sup> Docente de cátedra, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Antioquia. Colombia

<sup>4</sup> Directora de almacenamiento y transporte. Preparaciones de Belleza (Prebel). Antioquia. Colombia

### Resumen

El presente proyecto consistió en la evaluación del consumo energético en la empresa PREBEL, Bodega Rionegro, utilizando la técnica DMAIC, de la filosofía Seis Sigma. El tipo de investigación que se llevó a cabo es descriptiva enfocada a los factores que afectan los costos indirectos de fabricación (CIF), para ello se realizó un análisis del entorno, datos históricos y conocimientos previos de nuevas tecnologías.



En primera instancia, se identificó el consumo energético, para lo cual se definió la métrica primaria, se consiguieron históricos del consumo de energía y se estableció un indicador como base del proyecto: “Telemetría”; se realizó un inventario de los equipos eléctricos y se extrajo información del consumo teórico de cada uno de estos. Posteriormente se propuso el cambio del sistema de iluminación, basados en la información de los consumos de los equipos versus las alternativas que se ofrecían en el mercado, además de algunas propuestas adicionales. Estas propuestas fueron evaluadas por un equipo interdisciplinario de la Compañía, quienes tras analizar diferentes aspectos, entre ellos los beneficios económicos a corto, mediano y largo plazo, aprobaron el proyecto. Se realizó un piloto, donde se verificó el cumplimiento del consumo eléctrico y la intensidad lumínica esperado con el nuevo sistema, tras obtener resultados satisfactorios se llevó a cabo la implementación de este sistema en la totalidad de la Bodega Rionegro. Finalmente, se evaluaron los resultados logrando disminuir los costos directos de fabricación.

**Palabras clave:** Disminución, Energía, Lámpara, Led, Luminoso.

## **Abstract**

*The present project consisted of the evaluation of energy consumption in the company PREBEL, Bodega Rionegro, using the DMAIC technique, of the Six Sigma philosophy. The type of research carried out is descriptive and focused on the factors that affect the indirect costs of manufacturing, for this purpose, analyses of the environment, historical data and previous knowledge of new technologies were carried out.*

*In the first instance, energy consumption was identified, for which the primary metric was defined, historical energy consumption was obtained and an indicator was established as the basis of the project: “Telemetry”; an inventory of electrical equipment was made and information on the theoretical consumption of each of these was extracted. Subsequently, it was proposed to change the lighting system, based on the information on the consumption of the equipment versus the alternatives offered on the market, in addition to some additional proposals. These proposals were evaluated by an interdisciplinary team of the Company, which after analyzing different aspects, including the economic benefits in the short, medium and long term, approved the project. A pilot project was carried out to verify compliance with the electricity consumption and light intensity expected with the new system. After obtaining satisfactory results, the implementation of this system was carried out in the entire Rionegro winery. Finally, the results were evaluated in order to reduce direct manufacturing costs.*

**Keywords:** Decrease, Energy, Lamp, Led, Luminous.

## **Introducción**

PREBEL es una empresa colombiana con más de 70 años de experiencia en el mercado de productos de belleza y cuidado personal. Su sede principal se encuentra ubicada en Medellín, Colombia, en zona industrial y su sede secundaria se encuentra ubicada en el municipio de Rionegro, Colombia. Ésta es una bodega dedicada principalmente al almacenamiento de materias primas, (Prebel, 2018).

La bodega Rionegro cuenta con un sistema de lámparas fluorescentes, las cuales se degradan alrededor de un treinta por ciento (30%) por cada tres mil (3.000) horas de funcionamiento en su intensidad lumínica. Por otra parte, estas lámparas necesitan de otros dos aditamentos: un balastro y un cebador (Callister



y Rethwisch, 2011) que regulan la potencia energética, más la degradación de los tubos, estos aditamentos se ven afectados y se vuelven ineficientes al momento de convertir la energía a luz, lo que finalmente afecta la intensidad lumínica entregada por los tubos y lleva a que en el área de trabajo varíe la tonalidad que puede ser percibida por el ojo humano.

El presente proyecto de investigación se centra en la evaluación del impacto del consumo energético en la empresa Prebel, Bodega Rionegro, utilizando la técnica DMAIC, (Morato, 2009) técnica derivada de la filosofía Seis Sigma, (Pulido y Salazar, 2009) que permite mejorar cualquier proceso mediante decisiones acertadas, identificando las necesidades de la organización y dándoles el tratamiento adecuado de forma secuencial.

## **Materiales y métodos**

El tipo de investigación que se lleva a cabo para la realización de este proyecto es descriptiva, ya que busca puntualizar los factores de estudio para saber quién, dónde, cuándo, cómo y por qué (Bernal, 2006) se encuentran afectando los CIF (Rincón y Fernando, 2016) en la Bodega Rionegro. Los factores definidos para el análisis son: vida útil, degradación de los compuestos, consumo kW/h, intensidad lumínica y variación en el color.

A partir del análisis se definen e implementan mejoras en las luminarias de la Bodega, lo que permitió evaluar el impacto en el consumo energético.

## **Resultados y discusión**

Para establecer los resultados esperados y estar alineado con las metas organizacionales, se inició el proyecto con una reunión de trabajo, en la cual estuvieron presentes la Directora, y el Coordinador del área de Almacenamiento y Transporte y la Ingeniera Ambiental de la empresa. En esta reunión se concluyó que la problemática a intervenir era el alto consumo energético.

Para que este proyecto se llevara a cabo, la técnica DMAIC pide conformar un grupo efectivo e interdisciplinario, (Hernández, Lopera, y Carreño, 2016), el cual fue integrado por: Líder del Proyecto, Directora, Coordinador Almacenamiento y Transporte, Director de Proyectos y Mantenimiento, Ingeniera Ambiental, Gestor de Proyectos, Líderes de procesos en Bodega Rionegro y colaboradores.

Una vez definido el equipo de trabajo se procedió a realizar el diagnóstico, las propuestas, la implementación y la evaluación del consumo energético de la bodega, como se muestra a continuación.

### **Análisis del consumo energético en Bodega Rionegro**

La cadena de consumo energético se muestra en la Fig (1) la cual la esquematiza, partiendo desde la generación y culminando en el pago de la misma.



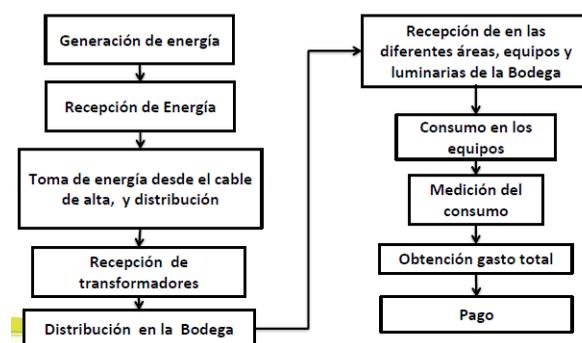


Figura 1. Diagrama de bloques del Consumo de Energía

### Recolección de información histórica de consumo

La información histórica del consumo energético se obtuvo del sistema Aplicaciones y productos especializados en procesar datos-SAP<sup>1</sup>, en el cual se manejan los históricos de todos los pagos promedios realizados, como se puede observar en la Fig (2). Para efectos del presente estudio, se tuvo en cuenta los ocho años inmediatamente anteriores, y se realiza un promedio de los pagos realizados entre los meses de enero, febrero, marzo y abril del año 2018. Los datos de consumo se dan de manera porcentual respecto al consumo total.

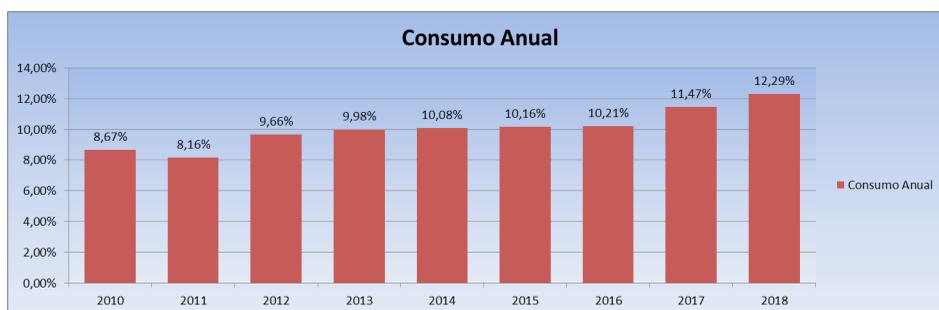


Figura 2. Porcentaje de Consumo energético anual en Bodega Rionegro.

Con esta información se entró a verificar lo sucedido en el año 2012, donde se evidencia un incremento respecto al año 2011 de un 8,4% en el consumo de energía. Se encontró que en el año 2012 en Bodega Rionegro se agregó el proceso de Etiquetado, el cual cuenta con equipos eléctricos, haciendo que este porcentaje se viera afectado.

En el año 2017 se generó un incremento del 5,8% para lo que se evidenció que en dicho año se realizó la construcción de una nueva planta para el envasado de aerosoles, la cual tiene equipos eléctricos que demanda más energía de la red.

1 Systems, Applications, Products in Data Processing. Sistema informático basado en módulos integrados, que abarca aspectos de la administración empresarial.

## Desempeño del consumo de energía

Para identificar el consumo energético se tomó como referencia el consumo promedio de los años 2015, 2016, 2017 y los meses desde enero hasta abril del año 2018 de los cuales se pudo obtener la medición del consumo de Telemidida2 como se puede observar en la Fig (3). Telemidida es un sistema electrónico que envía información cada determinado tiempo (Gualteros, Daniel, Zabala y Mauricio, 2014) a Empresas Públicas de Medellín (EPPM), para realizar un seguimiento en tiempo real del consumo preciso de energía eléctrica de toda la Bodega Rionegro, sin tener que enviar personal a realizar las mediciones en la planta. Esta información se puede consultar por la empresa en la página de internet de EPPM. En dicha figura se puede observar el consumo energético, en forma porcentual, en cada hora mes a mes.

De estos datos se concluye que hay una variación significativa en el consumo energético entre las horas correspondientes al día y la noche, presentando las primeras un consumo promedio del 3%, mientras que en horas nocturnas el consumo promedio asciende hasta el 5,25%. En el año 2017 se construyó la planta de aerosoles donde solo se trabaja en el turno de día haciendo que los consumos se igualen a los de la noche.

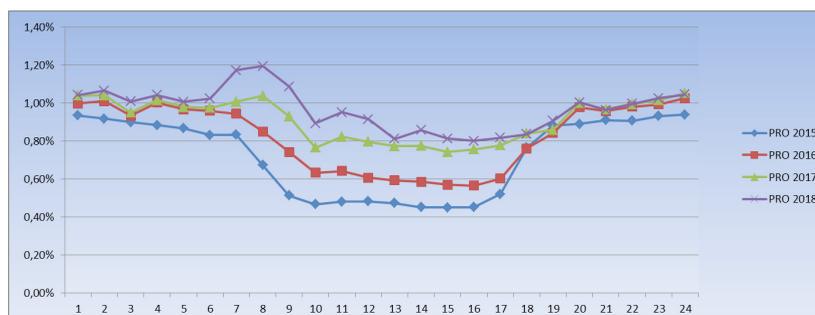


Figura 3. Consumo promedio en kW/h por año.

## Inventario equipos eléctricos

Se realizó un inventario de los equipos que consumen energía en la planta, denominados para fines de este estudio y por motivos de confidencialidad empresarial como “elementos”, estos fueron consignados en la Tab (1). Para tal fin se realizó un recorrido por todas las instalaciones de la Bodega Rionegro visualizando con qué tipo y cantidad de equipos o maquinaria se contaba al momento de la observación directa (Acuña, 2015).

2 Se define la métrica a emplear como kW/h dato entregado por Empresas Públicas de Medellín, entidad prestadora del servicio de energía eléctrica, y se toma esta métrica debido que es una unidad de medida internacional (Potencia \* tiempo).

Elemento	Cantidad
Elemento 1	2014
Elemento 2	8
Elemento 3	2
Elemento 4	31
Elemento 5	20
Elemento 6	10

Tabla 1. Inventario elementos

Otros parámetros registrados en esta observación, necesarios para realizar el correspondiente análisis fueron: área donde se encuentran ubicados, consumo de energía teórico, consumo en kW/h y observaciones. Con la información teórica del consumo energético de cada uno de los elementos se realizó una clasificación ABC3 (Negrón, 2009). Como se puede observar en la Fig (4), la cual establece cuáles equipos tienen mayor consumo de forma individual o en conjunto según su modo de operación. Como se puede observar, el Elemento 1 (las lámparas o iluminación artificial) es el de mayor consumo, con un 48%, esto debido a la gran cantidad de este elemento presente en las instalaciones.

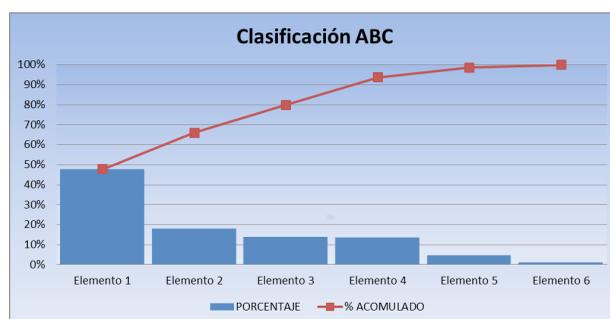


Figura 4. Clasificación ABC de elementos.

Con esta información se identificó que el área de almacenamiento es la que más consume energía, puesto que es donde se encuentran ubicadas la mayor cantidad de Elementos 1.

### Medición lúmenes

La medida de la iluminación en la planta se realizó con la ayuda de un luxómetro, el cual mide la iluminación por medio de una célula<sup>4</sup> que a su vez envía esta información a una pantalla digital.

Para realizar esta actividad se establecieron criterios específicos debido a que las ubicaciones donde se almacenan los materiales tienen una dirección interna dentro de la Bodega Rionegro, a la cual se pueden dirigir los colaboradores de forma precisa. Teniendo esto en cuenta, se definieron para la medición de los lúmenes las ubicaciones RX009A, RX051A y RX100A (donde "X", ubicada en la abscisa de la gráfica,

3 Aplicación del análisis de Pareto para clasificar artículos según su importancia. De acuerdo con el enfoque de Pareto, es suponer que son pocos los artículos que tienen una mayor importancia.

4 Dispositivo que detecta la luz u otra radiación electromagnética y la transforma en corriente eléctrica, y que tiene aplicaciones en aparatos como fotómetros o paneles solares.

cambia dependiendo el pasillo donde se realice la medición). Los datos obtenidos se pueden observar en la Fig (5).

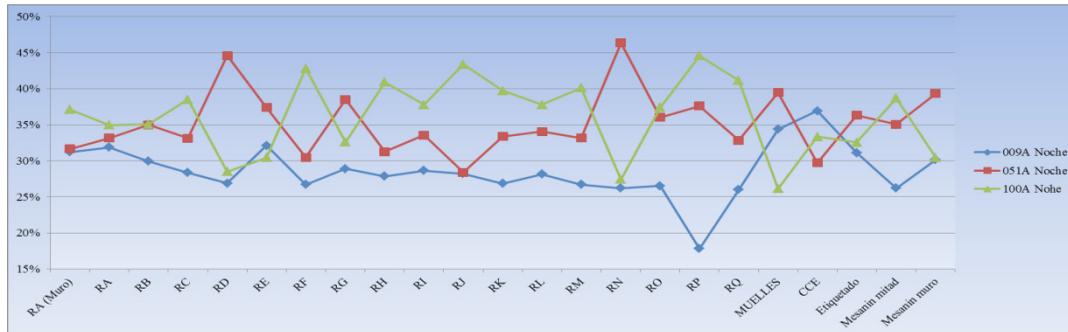


Figura 5. Medición Lúmenes

Teniendo en cuenta esta información se identificó una alta variación entre las mediciones, con el análisis de las posibles causas se determinó que el daño o cambio de uno de los tubos existentes puede cambiar sustancialmente los lúmenes disponibles en cada ubicación.

### Causa raíz

Para efectos de dar solución a la problemática, se realizó con el equipo de trabajo una reunión en la cual se clarificó el propósito del proyecto y se realizó una tormenta de ideas para definir las posibles causas y/o efectos que se podían presentar en las instalaciones con respecto a la iluminación.

Con la información obtenida en la reunión se llegó a la conclusión de que el Elemento 1 se basa en tecnología deficiente o anticuada comparada con tecnologías actuales, las cuales brindan más beneficios y son más eficientes al momento de convertir la energía a luz. También se encontró que las bahías en las instalaciones son también deficientes, pues tienen huecos que hacen que un porcentaje de iluminación se oriente hacia el techo.

### Identificación de oportunidades y Alternativas de Mejora

Para este proceso se realizaron dos reuniones con diferentes grupos de trabajo correspondientes a cada una de las áreas y con ellos se realizaron lluvias de ideas. El primer grupo se conformó por todos los colaboradores y líderes de Bodega Rionegro, mientras que en el segundo grupo contó con la Directora, el Coordinador de Almacenamiento y Transporte, el Líder del Proyecto y el Director de Proyectos y Mantenimiento.

Como resultado de estas reuniones se identificaron las siguientes oportunidades y alternativas de mejora:

- Control por niveles de iluminación en tableros
- Interruptores en el ingreso de los pasillos
- Paneles solares

- Suprimir 2 tubos de cada lámpara en los pasillos
- Sensores de movimiento
- Sistema Kvar (optimizador de energía)
- Tubos Led<sup>5</sup>
- Concientizar al personal sobre el encendido y apagado de las lámparas

Tras analizar estas alternativas, se eligieron los tubos Led como nuevo sistema de iluminación, ya que éstos consumen cerca de un 65% menos de energía eléctrica que los tubos fluorescentes, tienen una vida útil superior a 50.000 horas versus 10.000 horas aproximadamente y una mayor comodidad de mantenimiento debido a que los tubos Led no necesitan ni de cebadores ni reactancias para su funcionamiento, además de no alterar el ambiente.

### Cotizaciones de tubos Led y sensores de movimiento

Para realizar las cotizaciones se tuvo en cuenta las políticas de la Empresa, siendo una de ellas establecer un mínimo de tres cotizaciones para proyectos de inversión. En esta fase se llevaron a cabo cinco cotizaciones con diferentes posibles proveedores.

Estas cotizaciones fueron obtenidas por el Líder del proyecto, quien realizó los acercamientos con empresas que ofertaran la tecnología que se requiere (Led). Para esto los proveedores pidieron información de las condiciones de funcionamiento de la Bodega Rionegro como lo son: Inventarios, Planos, cuentas de servicio de energía, altura de las lámparas y algunos de ellos solicitaron además realizar visita a las instalaciones.

En la Tab (2) se puede observar las características que se evaluaron para cada una de las cotizaciones.

Tabla 2. Comparativo cotizaciones

Empresa	Precio	Vida Util/horas	Tasa de retorno	Garantía	Iluminación	Cambio chasis	Sensor de movimiento
SOLUCIÓN SOLAR & LED	8,6%	50000	10 meses	3 años	32 % más	No	Si
BRONCO SOLAR LED	18,8%	50000	No especifica	5 años	No especifica	No	Si
DURALED	20,7%	50000	1,3 años	5 años	No especifica	No	Si
COSMOLEDS	20,7%	50000	No especifica	3 años	No especifica	No	No
SAVECO S.A.S	35,1%	50000	1,87 años	3 años	No especifica	No	Si

Se efectuó una comparación de la información y se tomó la decisión de iniciar los acercamientos respectivos con la empresa DuraLed, la cual realizó posteriormente una visita a las instalaciones y en conjunto con el equipo de trabajo se comenzaron las negociaciones para recolectar muestras y posiblemente llevar a cabo la implementación del proyecto.

### Tasa de retorno

En la Fig (6) se muestran las tasas de retorno proporcionadas por la empresa DuraLed. En ésta se puede identificar el costo de la instalación en línea roja. La inversión inicialmente realizada se recuperaría en 1,3 años.

5 Light-emitting diode, diodo emisor de luz



Este contenido se publica bajo licencia CC-BY 4.0

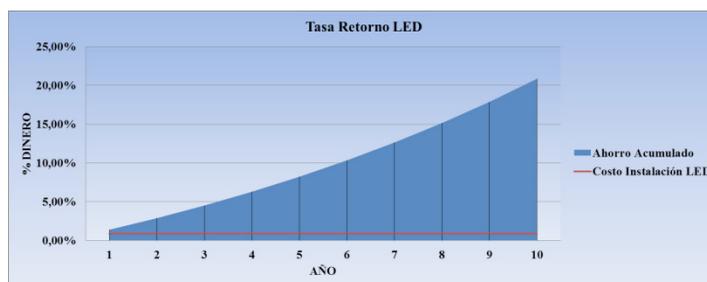


Figura 6. Tasa de retorno Led

### Presentación de propuestas a Gerencia

Se sostuvo una reunión con el Gerente de planta, al finalizar la presentación se resolvió:

1. La aprobación del proyecto para su ejecución.
2. Incorporación al grupo de trabajo del Abogado de la empresa y del jefe de Proyectos, este último asignado por el Director de Proyectos y Mantenimiento.
3. Seguimiento del proyecto por parte del Coordinador de Almacenamiento y Transporte.
4. Compromiso de confidencialidad de la información.

### Implementación de las propuestas

#### Muestra Led

Se desarrolló una muestra con una lámpara a la cual se le realizó medición al consumo tanto con tubo fluorescente como con tubo Led, verificando así los cambios que se pronosticaban en la cotización realizada por proveedor.

Como se puede observar en la Fig (7) que en la columna de Teórico, el consumo de una lámpara con tubo fluorescente debía de ser de 0,324 kW/h y cuando se realizó la medición real se determinó que el consumo era de 0,355 kW/h. Al realizar el cambio por Led, la medición arrojó una medida de 0,130 kW/h, logrando disminuir en un 63,4 % el consumo de la lámpara (cumpliendo con el mínimo de reducción garantizado por el proveedor del 63,0%). Debido al cambio de sistema, también es posible retirar de la lámpara 2,6 kilogramos (kg) de peso pertenecientes a los balastos y a una gran cantidad de cableado.

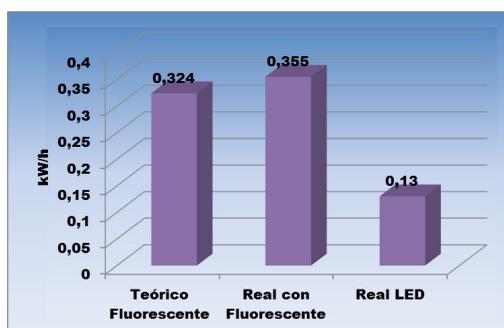


Figura 7. Medición muestra

Después de analizar estos resultados, el equipo de trabajo tomó la decisión de realizar el cambio de tubos fluorescentes a tubos Led como prueba piloto en el área de Etiquetado; área donde se necesita más iluminación debido a las labores que en ésta se realizan. Se efectuó el cambio de tubos fluorescentes a tubos Led en todas las lámparas y para su monitoreo, se tomaron mediciones iniciales (con los tubos fluorescentes) y finales (con los tubos Led) del consumo energético durante una hora, los cuales se consignaron en la Tab (3).

<b>Resultados</b>	<b>kW/h</b>
<b>Inicial</b>	0,605
<b>Final</b>	0,319
<b>Diferencia</b>	0,286
<b>Ahorro</b>	52,73%

Tabla 3. Medición antes y después

Los resultados mostraron una disminución del 52,73 % del consumo de energía en el área.

También se entrevistaron a 12 de las personas que laboran en el área sobre la percepción de cambio de la intensidad de la iluminación, la cual fue positiva por parte de todos los entrevistados.

De igual forma se realizó una medición de los lúmenes antes y después de la instalación del nuevo sistema de iluminación. El incremento de la intensidad lumínica fue del 30,99 %, como se puede observar en la Tab (4).

<b>Promedio Medición lúmenes en Etiquetado</b>	
<b>Fluorescente</b>	<b>Led</b>
34,51%	65,49%
<b>Aumento</b>	30,99%

Tabla 4. Medición lúmenes

### **Implementación en Bodega Rionegro**

Después de realizar la implementación en el centro de Etiquetado, se realizó una evaluación de viabilidad para implementar de forma transversal en toda la bodega como se pensó inicialmente. Debido a los altos costos para la implementación del proyecto, se sustentó a Presidencia por parte de la directora de almacenamiento y transporte, siendo aprobada para su implementación total en toda la Bodega Rionegro.

Para esto se tenía que tener en cuenta el presupuesto para la implementación, debido a una serie de imprevistos el proyecto fue postergado hasta el año 2018. Finalizando el mes de abril, se inicia con la implementación en una zona del área de la bodega denominada Mesanine. Se realizó un cambio de 120 elementos para un total de 240 tubos T8 que consumían 32 vatios cada uno, por la misma cantidad de tubos con un consumo de 16 vatios cada uno.

En el mes de mayo del año 2018, la empresa contratista inicia el cambio de 1.320 tubos T5 de 54 vatios cada uno por 880 tubos LED de 18 vatios, ahorrándose 440 tubos. En la Fig (8) se muestra el comparativo en la distribución de los tubos en una lámpara, donde con tubos fluorescentes se requieren 6 unidades y con Led se requieren 4.



Figura 8. Diseño lámparas

Posteriormente, a la instalación se realizó la medición de los lúmenes en cada uno de los pasillos en los mismo puntos donde inicialmente se habían medido (Fig 5). Si se realiza el comparativo entre la Figura 5 y la Figura 9 se puede observar que la iluminación aumentó en un promedio de 2% en comparación con la medición inicial. También se evidenció que el área quedó homogénea con el mismo color de luz.

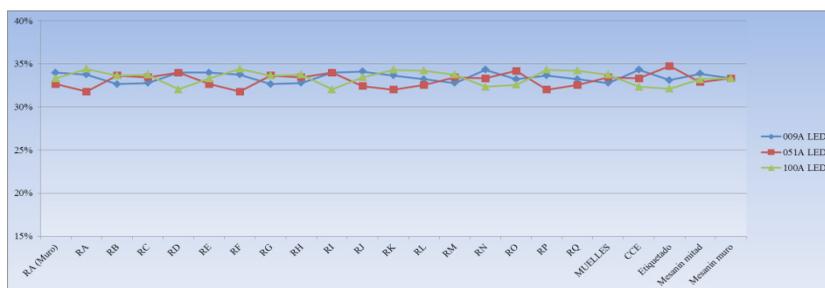


Figura 9. Medición lúmenes con Led

Después de estos cambios, se realizó la instalación de tres sensores de movimiento en cada uno de los pasillos donde se sectorizó en tres zonas, como se puede observar en la Fig (10).

Sector 1				Sector 2				Sector 3		
Lámpara 1	Lámpara 2	Lámpara 3	Lámpara 4	Lámpara 5	Lámpara 6	Lámpara 7	Lámpara 8	Lámpara 9	Lámpara 10	Lámpara 11

Figura 10. Sectorización lámparas

Los sensores tienen la función de apagar las lámparas conectadas a ellos, siete minutos después de dejar de detectar algún tipo de movimiento, tiempo estimado para realiza cualquier tipo de acción que se esté ejecutando por parte de los colaboradores, sea a pie o en alguno de los equipos que se utilizan en el proceso. Con esto se reduce el tener pasillos encendidos sin ser necesarios.

Para los meses de mayo y junio del año 2018, se realizó seguimiento a los consumos en todos los horarios, donde se identificó el promedio del consumo de energía (Fig, 11). También, se toma un promedio del consumo desde el año 2015 hasta el mes de abril del año 2018

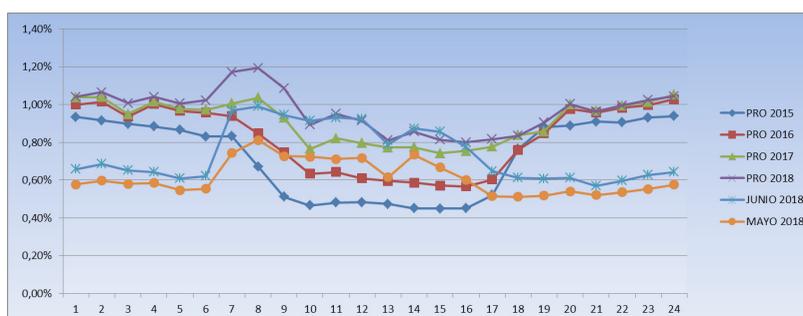


Figura 11. Promedios consumo de energía

En la Fig (11) se puede observar que para el mes de mayo (donde se terminó la instalación de los tubos Led) hubo una disminución del consumo de energía máximo del 32% en horas de la noche y en el mes de Junio del 2018 se obtuvo una disminución máxima del consumo de energía en horas de la noche del 42%. Estos datos, con respecto al promedio del consumo de los meses anteriores a la implementación del año 2018.

### Evaluación de los resultados de la implementación

Con la implementación realizada, se lograron obtener datos importantes para el proyecto, tales como la evaluación de las garantías por parte del proveedor y los ahorros energéticos y monetarios; para los meses iniciales, se logró un ahorro energético máximo del 42 % y el ahorro monetario evidenciado fue del 27 %.

### Conclusiones

- Con el análisis realizado, se identificaron las falencias que se tenían en el sistema eléctrico y las luminarias en la Bodega, estas radicaban principalmente en la obsolescencia de las mismas con respecto a la nueva oferta.
- De las propuestas plantadas, el equipo de trabajo seleccionó dos de ocho para su implementación en la Bodega, estas fueron tubos Led y sensores de movimiento.
- Se realizó una prueba piloto en el área de Etiquetado, evidenciando un ahorro en el consumo del 63%.
- Con la implementación del proyecto se logró obtener un beneficio económico para la empresa reduciendo los CIF en un 42% en horas de la noche en el consumo de energía de las lámparas de los pasillos.

### Referencias

Aguilar, G. F. C. (2017). Modelo para el aseguramiento de ingresos en organizaciones orientadas a proyectos basado en minería de datos anómalos. Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba.



- Acuña, B. P. (2015). La observación como herramienta científica. ACCI (Asoc. Cultural y Científica Iberoameric.).
- Bernal, C. A. (2006). Metodología de la Investigación (pág. 91) B4564m Ej. 1 022619). Pearson, Editorial Limusa.
- Callister, WD, y Rethwisch, DG (2011). Ciencia e ingeniería de materiales (Vol. 5, pp. 344-348). NY: John Wiley & Sons.
- Gualteros, A., Daniel, S., Zabala, B., & Mauricio, G. (2014). Telemidida y telecorte en medidores de energía a través de la red eléctrica
- Hernández, J. B., Lopera, L. M. B., & Carreño, J. C. M. (2016). Six Sigma como Herramienta de Mejora Continuo: Caso de Estudio. Revista ESPACIOS| Vol. 37 (Nº 09) Año 2016.
- Morato Orozco, J. S. (2009). Reducción de gasto energético eléctrico usando seis sigma. Producción Más Limpia, 4(2), 90-102.
- Negrón, D. F. M. (2009). Administración de operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocios. Cengage Learning Editores.
- Pulido y Salazar, H. G. (2009). Control estadístico de calidad y seis sigma. En H. G. Pulido y Salazar, control estadístico de calidad y seis sigma (pág. 426). México, D. F.: mcgraw-hill/Interamericana Editores, s.a.
- Prebel, Nuestra compañía, historia (16 de julio del 2018). Recuperado de: <http://www.prebel.com/Nuestacompa%C3%B1a/ADa/Historia.aspx>
- Rincón, C. A., & Fernando, V. V. (2016). Costos: decisiones empresariales. Ecoe Ediciones.

