# Análisis de factibilidad para la utilización de un sistema de iluminación ecológico

Autor, Giliberti Gianmarco *Facultad de ingeniería, Universidad de Palermo.*

***Resumen*— En el presente trabajo se ejecutó un análisis de factibilidad para el diseño y creación de un prototipo de artefacto lumínico, esto con el fin de aprovechar de una manera más optima la luz diurna.**

**El objetivo se basó en el creciente valor de los costos eléctricos y la necesidad de generar no solo un ahorro en el consumo, sino además de una mejora en la calidad de las instalaciones.**

**En lo que referencia al trabajo, se han realizado cálculos para la cantidad de lux (unidad de medida equivalente a lumen/metro2), materiales óptimos, peso máximo, estructura y rendimiento. Para la conformación de los datos se han utilizados modelos computarizados que simulen el rendimiento lumínico dentro del recinto ya previamente establecido.**

**Los resultados obtenidos por parte del prototipo fueron comparados con otros métodos de iluminación, esto con el fin verificar la mejora y el ahorro lumínico. La información obtenida del estudio se encuentra representada en las tablas y matrices de comparación, donde se relevan datos técnicos y económicos.**

## I. INTRODUCCIÓN

La luz visible es una región del espectro electromagnético cuyas ondas electromagnéticas tienen una longitud de onda que va desde el rojo (780 nm), al violeta (380 nm). Esta pequeña región del espectro es la energía que percibe el ojo humano permitiéndonos ver los objetos y sus colores.

Existen diferentes tipos de iluminación, una división básica es por sus fuentes de origen y entre ellas podemos encontrar iluminación natural (la producida por el sol), artificial (generada por el ser humano con lámparas) o mixta (es una combinación de las anteriores). Esta última es la seleccionada en muchos sitios donde es necesario utilizar luz, gracias a sus ventajas económicas, ergonómicas y su versatilidad.

La iluminación en los lugares de trabajo debe permitir desarrollar en ellos sus actividades sin riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores. El nivel de iluminación de cada zona de trabajo dependerá de la precisión de la tarea que se vaya a desempañar, dependiendo de factores como la distancia del ojo a los objetos observados, el tamaño de los objetos, la movilidad de los objetos.

¿Por qué la iluminación natural es fundamental en el entorno industrial? La luz natural es ya reconocida como una gran inversión que reduce el consumo de energía eléctrica, colabora en nuestra salud y mejora el rendimiento en áreas comerciales, centros de producción, almacenes logísticos, etc.

Pero, incluso cuando se iluminan de la mejor manera posible con la luz natural, siempre existe la necesidad de complementarla o reemplazarla (en caso de ausencia) con un alumbrado artificial. Por este motivo la mayoría de los sitios donde es necesario obtener luz se opta por un origen mixto de la misma, con el fin de abarcar un mayor rango de trabajo y confort.

## II. DESARROLLO TÉCNICO

Previo al desarrollo técnico se ha recabado la información correspondiente para el diseño de la estructura de la nave industrial.

Se dispuso de tres modelos de naves industriales para poder no solo desarrollar el prototipo deseado, sino también poder realizar una comparación de efectividad y eficiencia.

Con las fórmulas de iluminación y los respectivos coeficientes de refracción de los materiales se ha calculado las aberturas necesarias para la nave industrial genérica planteada. De este modo se ha adquiriendo los metros cuadrados de aberturas laterales formula (1) y cenitales Formula (2). Posterior a este paso se calculó la potencia de iluminación artificial necesaria formula (3), como también las cantidades formula (4) y disposición de las lámparas y artefactos a de iluminación a utilizar formulas (5) y (6).

$$\frac{Em*Ss}{Ea*f*f^{`}*\eta} = Sv \qquad (1)$$

$$FF = \frac{(TM * FD)}{Eficiencia * (5000/Ea)} \qquad (2)$$

$$\Phi T = \frac{Em * Ss}{Cu * Cm} \quad (3)$$

$$N = \frac{\Phi T}{(\eta * \Phi L)} \quad (4)$$

$$N\ ancho = \sqrt{\frac{N\ total}{b} * a} \quad (5)$$

$$N\ largo = N\ ancho * \frac{b}{a} \quad (6)$$

Una vez ya finalizado con los cálculos necesarios para la nave industrial genérica, esta se dividió en tres modelos de simulación, como se había mencionado anteriormente. Estos modelos corresponden a:

- Una nave industrial tradicional

  Tomada como aquella que tiene un sistema de iluminación artificial con lámparas mezcladoras e iluminación natural cenital a través de chapas de fibra de vidrio.

- Una nave industrial moderna

  Que consta de un sistema de luz con dispositivos led y placas de policarbonato en el tinglado.

- Una nave con el prototipo

  Esta al igual que la anterior consta con iluminación artificial led, pero se modifica las placas de policarbonato por el prototipo.

Los tres modelos fueron introducidos a la simulación con un programa de diseño llamado DiaLux, en el cual te permite realizar estructuras y calcular sus valores de iluminación.

Gracias a este programa se pudo simplificar los cálculos de simulación para las naves y determinar su eficiencia a la hora de aprovechar la luz natural. Además de esto también se utilizó como base para diseñar tanto en forma geométrica como en tamaño al prototipo.

Una vez ya obtenidos los resultados de promedio de luz, cantidad de lux, consumo en watts y cantidad de horas diurnas aprovechables de un año para los tres modelos, el paso siguiente fue plasmar los mismos en una tabla de resultados y con un método de simulación similar al de Montecarlo, generar una grilla que equivaldría a la simulación de un año entero de uso. Para la generación de la grilla se utilizó, un diagrama con los valores estadísticos del clima en Buenos Aires, los datos obtenidos de la simulación del programa DiaLux, y las fórmulas estadísticas correspondientes para generación de "n" valor de muestras para la población formula (7) y números aleatorios.

$$n = \frac{Z_\alpha^2 Npq}{e^2(N-1) + Z_\alpha^2 pq} \quad (7)$$

Luego, se tomaron valores acumulativos de la grilla para generar el consumo en watts y las horas aprovechables de luz año a año. Esto valores son expresados en una tabla con 10 periodos, marcando así los 10 años de utilización de los galpones y sus componentes.

Finalizado los 10 años se realizó una matriz de comparación para evaluar los desempeños de cada modelo a través del tiempo. Cabe destacar que hasta este punto todos los valores se toman de modo ideal despreciando aumentos tarifarios y degradaciones.

*Matriz de comparación ideal 10 años*

| **Matriz de comparación a 10 años** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | G1 | | G2 | |
| | | Hs luz | kwh | Hs luz | kwh |
| G1 | Hs luz | - | - | - | - |
| | kwh | - | - | - | - |
| G2 | Hs luz | 3200 | - | - | - |
| | kwh | - | -294814 | - | - |
| G3 | Hs luz | 3431 | - | 231 | - |
| | kwh | - | -295529 | - | -714,9 |

Posteriormente gracias a un estudio de degradaciones de plásticos citado en el trabajo y con un estudio propio del aumento del cuadro tarifario de energía eléctrica en la Argentina es que se llevó el caso ideal a uno aproximado a lo real para poder realizar una comparación más fiel.

*Matriz de comparación entre naves industriales*

| Matriz de comparación | | G3 | |
|---|---|---|---|
| | | Hs luz | kwh |
| G2 | Hs luz | 927,0 | - |
| | kwh | - | -2775,0 |

*Matriz de comparación de costos a 10 años*

| Matriz de comparación a 10 años | | | |
|---|---|---|---|
| | | G1 | G2 |
| | | $ARG | $ARG |
| G1 | $ARG | - | - |
| G2 | $ARG | -$ 7.069.499,93 | - |
| G3 | $ARG | -$ 7.198.730,46 | -$ 129.230,53 |

## III. Análisis

Los análisis son herramientas técnicas y económicas para la evaluación de emprendimientos, proyectos o ideas que se presentan.

En síntesis, son aquellos que nos permiten verificar la validez de nuestros proyectos. En el presente trabajo se realizaron dos análisis muy marcados, uno técnico, que buscaba comprobar la capacidad y eficiencia del prototipo para la difuminación de luz dentro del recinto, además de consolidar un espacio confortable en él. El otro análisis, uno económico, que tenía el fin de verificar que la utilización del prototipo no solo fuera viable desde el punto de vista técnico, sino que además pudiera garantizar un ahorro de energía considerable.

Por ello es que se utilizó tres diferentes modelos de galpones, para poder comprar los valores de los mismos buscando ventajas y desventajas en estos.

Estos análisis son presentados en las matrices de comparación de resultados y posteriormente interpretados en las conclusiones.

## IV. Conclusiones

Las conclusiones que se pudieron obtener de la realización del proyecto de viabilidad del prototipo de tragaluz para industria son, que no se obtuvo una ganancia significativa de ahorro de energía eléctrica en 20 años para la comparación entre, la nave industrial 2 y la nave industrial 3. Esto es debido a que, si bien el prototipo mejoraba el ingreso de luz en caso de tener el cielo despejado, para los casos de cielo cubierto realiza todo lo contrario. En un sitio como la Provincia de Buenos Aires, donde el clima es templado, húmedo y en invierno gran parte del tiempo este nublado, causa que la ganancia de luz disminuya. Por lo cual, se puede deducir que para lugares donde imperan los días soleados, el prototipo tendría una utilidad favorable y para los casos donde predominan días nublados no sería recomendable.

Además de todo lo anteriormente mencionado, se debe destacar que, si hay un ahorro significativo en el consumo de energía eléctrica, entre la nave tradicional y una nave moderna o con prototipo. Esto lleva a concluir que es realmente conveniente adaptar una industria a nuevas tecnologías de iluminación, ya que daría lugar a la reducción de los costos energéticos. Una tecnología a tener en cuenta, para generar mayor beneficio es la regulación de la intensidad de luz y la división de iluminarias. Ya que, si bien no fue expresado de manera técnica en el nuestro trabajo, esta proporciona casi un ahorro de 40% de luz al año con respecto a lo trabajado en el modelo 2 (nave industrial moderna).

Por otra parte, cabe destacar que la uniformidad de las placas de policarbonato es mucho menor que la generada por el prototipo. Por consiguiente, si bien el prototipo a nivel monetario no represente una cifra sumamente favorable, debido a que presenta una Tasa Interna de Retorno menor y un periodo de recuperación mayor, la utilización del mismo por cuestiones ergonómicas sí justifican su uso. Ya que no solo tendríamos un campo con mayor uniformidad de iluminación, sino que ayudaría a evitar destellos que generen deslumbramiento, además de generar menor contaminación al medio ambiente por su larga vida util y la posible reducción de la temperatura en distintas áreas dentro de la industria.

Para el caso de la TIR y el Pay Back, se puede deducir que son más bajos de lo esperado debido a que los costos de electricidad en la Argentina son relativamente baratos a comparación de los costos generales de puesta a punto y mantenimiento, además de que no se encuentran a la par de la inflación promedio del país. Por lo cual, si bien se obtiene un ahorro mayor al 80% en electricidad, este no llega a tomar la importancia que debería para el caso de estudio.

Por último, luego del análisis realizado a los distintos modelos de iluminación para galpones, podemos decir que lo apropiado sería un modelo hibrido entre, la nave industrial 2 y la 3. Ya que la combinación de dichos modelos podría complementar sus falencias y proporcionar un ambiente confortable para el usuario con un ahorro de energía significante. También que en caso de no ser posible por algún motivo técnico o económico lo anteriormente mencionado, se

debería de considerar la evaluación de instalación de otros dispositivos de iluminación natural como, tragaluces tubulares o domos prismáticos ya que estos generarían al igual que la nave industrial 3 un ahorro energético y mayor confort a los empleados.

## V. BIBLIOGRAFÍA


- Tipo de iluminación, características y requisitos https://led.tienda/lamparas/iluminacion-industrial.html
- Iluminación natural de industria https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/49546/JOSE%20CARLOS%20S%C3%81NCHEZ%20MART%C3%8DNEZ-%20TFG_14047257221333215666308741370491.pdf;sequence=3
- Cálculo de iluminación interiores https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/calculo_de_iluminacion_interior_en_oficinas_-_metodo_de_los_lumenes.pdf
- Tipos de lámparas: https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-sistema-de-iluminacion ]
- índice de refracción Índice de refracción (Plástico) © https://glosarios.servidor-alicante.com
- Refracción: https://glosarios.servidor-alicante.com/plastico/indice-de-refraccion ]
- Como evitar degradación: https://www.coleparmer.com/tech-article/uv-properties-of-plastics?tlg=es-ES ]
- Degradación del plástico: http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama2014/CT%202014/1896711530.pdf ]
- Cálculo de iluminarias https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12833/art%C3%ADculo%20docente%20C%C3%A1lculo%20m%C3%A9todo%20de%20los%20l%C3%BAmenes.pdf ]
- Cálculo de luz para ventanas http://www.fadu.edu.uy/acondicionamiento-luminico/wp-content/blogs.dir/28/files/2012/02/Natural-3.pdf
- Cálculo de luz en reflexión interna http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/totint.html#c1
- Cálculo de luces https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12833/art%C3%ADculo%20docente%20C%C3%A1lculo%20m%C3%A9todo%20de%20los%20l%C3%BAmenes.pdf