

Integrated sustainable model to generate electricity from municipal organic waste in a district of Lima-Peru

Carolina Lozano-Tejada¹, Alexander Trujillo-Pillaca¹, Edgardo Carvallo-Munar, Mg¹, Iliana Macassi-Jauregui, MBA¹ and Luis Cardenas-Rengifo, Eng²

¹Ingeniería Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú, u201311001@upc.edu.pe, u201411484@upc.edu.pe, edgardo.carvallo@upc.edu.pe and pcadlmac@upc.edu.pe

²Dirección de Investigación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú, luis.cardenas@upc.edu.pe

Abstract– Currently, a person residing in Peru generates a kilo of waste, which is quantified and treated by district municipalities. However, it is important to emphasize that the responsible parties do not take advantage of everything collected. Therefore, it is proposed to use this Integrated Sustainable Model, as its main objective is to take advantage of all the potential obtained through organic waste collected from district markets. As a result of the proposal described previously, a model consisting of 5 main components or modules is designed. In the first, mention is made of production, in the second of logistics, in the third of maintenance, in the fourth of Plant Redistribution and finally in the fifth component of Energy Distribution. It is important to detail that with the implementation of this proposed model, 37.5% of municipal waste collected from the markets has been used. Likewise, the routing time to obtain the raw material is reduced by 50%; That is the waste. Also, the availability of the motorcycle van is increased by 3%. In addition, 95% of the space designated for the cargo obtained from waste collection is used. Finally, efforts between the areas established for the district organic waste treatment process are reduced by 45%.

Keywords - Integrated system, organic waste, renewable energy, clean energy and biogas.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.333>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Modelo integrado sostenible para generar energía eléctrica de residuos orgánicos municipales en un distrito de Lima-Perú

Carolina Lozano-Tejada¹, Alexander Trujillo-Pillaca¹, Edgardo Carvallo-Munar, Mg¹, Iliana Macassi-Jauregui, MBA¹ y Luis Cardenas-Rengifo, Eng²

¹Ingeniería Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú, u201311001@upc.edu.pe, u201411484@upc.edu.pe, edgardo.carvallo@upc.edu.pe y pcadlmac@upc.edu.pe

²Dirección de Investigación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú, luis.cardenas@upc.edu.pe

Resumen– Actualmente, una persona que reside en el Perú genera un kilo de residuos, los cuales son cuantificados y tratados por las municipalidades distritales. Sin embargo, es importante recalcar que los responsables involucrados no aprovechan todo lo recolectado. Por ello, se propone utilizar el presente Modelo Integrado Sostenible, ya que tiene como objetivo principal el aprovechamiento de todo el potencial que se obtiene a través de los residuos orgánicos recolectados de los mercados distritales. Como resultado de la propuesta descrita previamente se logra diseñar un modelo conformado por 5 principales componentes o módulos. En el primero se hace mención de la producción, en el segundo a la logística, en el tercero al mantenimiento, en el cuarto a la Redistribución de Planta y por último en el quinto componente a la Distribución de Energía. Es importante detallar que con la implementación de este modelo propuesto se ha conseguido que el 37,5% de los desechos municipales recolectados de los mercados sean aprovechados. Asimismo, se logra reducir en un 50% el tiempo de ruteo de obtención de la materia prima; es decir de los residuos. También, se incrementa la disponibilidad de la moto furgoneta en un 3%. Además, se aprovecha en un 95% el espacio designado para la carga obtenida de la recolección de residuos. Finalmente se reduce en un 45% los esfuerzos entre las áreas establecidas para el proceso de tratamiento de desechos orgánicos distritales.

Palabras Claves-- Sistema integrado, residuos orgánicos, energías renovables, energía limpia y biogás.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel global se generan alrededor de 2,017 millones de toneladas de residuos municipales al año, de los cuales el 40% está conformado por desechos orgánicos de los cuales el 33% del total de residuos globales obtenidos no son gestionados correctamente trayendo como consecuencia un importante y significativo aumento al riesgo ambiental existente hacia el planeta. Asimismo, gracias al crecimiento y desarrollo económico de la población a nivel mundial se tiene pronosticado un aumento del 70% en los próximos 30 años con aproximadamente 3,400 millones de toneladas de residuos recolectados al año [1], [2]. En América Latina, de un total de 170 millones de latinos residentes se obtienen 145,000 toneladas de desechos al día, los cuales son dispuestos incorrectamente al medio ambiente. Los residuos orgánicos

representan en promedio el 50% de los desechos generados por los países de la región, pero son los que menos se gestionan. Su falta de tratamiento específico provoca una generación injustificada de gases de efecto invernadero como el metano y la producción de lixiviados en la basura recolectada [3]. En el Perú se ha generado más de 18 mil toneladas de residuos sólidos al día en donde el 58.75% son residuos orgánicos que no son aprovechados y se descomponen naturalmente emitiendo gases de efecto invernadero al medio ambiente [4]. Actualmente, en el distrito de Comas se viene realizando acciones para el cuidado del medio ambiente, motivo por el cual se originó el “Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de los Residuos Sólidos Municipales”. Una de las acciones más recientes es el Proyecto de Tratamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos Municipales, provenientes de los mercados de abasto en el distrito descrito previamente y esto debido a que Comas pertenece al Cono Norte que cuenta con más de 520 mil habitantes, los cuales generan un 10% del total de desechos producidos en el departamento de Lima [5]. Sin lugar a duda, en el distrito de Comas existen condiciones naturales propicias para el aprovechamiento de residuos orgánicos municipales que pueden dar su contribución no solo a la solución de parte de la demanda energética sino a la protección del medio ambiente [6]. Para resolver la problemática, se han propuesto algunas soluciones. Sin embargo, la mayoría de estas son solo una vista parcial, sin incluir ciertos aspectos de la gestión de residuos sólidos municipales, como la producción, el mantenimiento, la logística, la redistribución de planta y la distribución de energía. Por ello se propone diseñar un modelo integrado sostenible, el cual es una combinación de buenas prácticas. En este sentido con la presente publicación se busca poner a disposición de las entidades gubernamentales o del tipo municipal interesadas a que puedan utilizar sus residuos orgánicos del distrito apropiadamente, ya que esta es una propuesta con lineamientos de cómo se debe diseñar, organizar y estructurar un sistema integrado de residuos orgánicos municipales sostenible desde su recolección hasta la

transformación de esta en energía eléctrica mediante el uso de biodigestores y generadores eléctricos.

II. ESTADO DEL ARTE

A. Logística

Los modelos que permiten realizar redes son aquellos que ayudan a las interdependencias y toma de decisión con respecto a la ruta más óptima. El modelo de la ruta más corta se refiere a una red en la cual cada separación o recta contiene un número como interpretación a la distancia existente entre cada sector en análisis con el objetivo principal de identificar aquellas que se encuentren más próximas entre sí; es decir, en mínimas distancias de recorrido y separación. Asimismo, para una correcta logística es importante una implementación de un método de cubicaje. Este se define como un problema de asignación con objeto de optimizar espacios el cual debe ser medido y calculado mediante un proceso de planeación de recojo de residuos previamente para identificar la cantidad de recojo, traslado y descarga. De acuerdo a los artículos revisados, presentan la optimización de rutas de los recorridos con la utilización de metodología de redes para encontrar la ruta más corta y conocer cuáles son los costos mínimos en donde para levantar información y obtener los resultados se realizan entrevistas. El resultado de estos fue óptimo porque se obtuvo la ruta más eficaz para el problema identificado considerando sus restricciones. Asimismo, se analiza el cubicaje mostrando dos métodos diferentes a la propuesta referente al almacenamiento de sus cargas. Para ello se realiza cálculos y medidas tanto de la carga y del espacio de carga con el objetivo de aprovechar el espacio al máximo. Los resultados de este fueron positivos porque se logra aprovechar más del 25% del espacio de carga [7], [8].

B. Producción de Biogás y Energías

De acuerdo con los artículos revisados, algunos construyeron su propio biodigestor y realizaron pruebas respecto a la producción de biogás y otros artículos utilizaron biodigestores ya diseñados, sin embargo, generaron electricidad a base de biogás con máquinas de diferentes potencias (kw) para verificar la cantidad de generación de energía que se obtiene y analizar cuál es más factible. Para la producción de biogás se utilizó como unidad homogénea el m³, lo cual el promedio de la cantidad de residuos orgánicos para producir esa cantidad es de 5.92 kg. Sin embargo, para la producción de biogás se tuvo en cuenta varios factores que influyen dentro de la fermentación, los cuales son la temperatura, presión y los días de retención. De acuerdo a los artículos revisados, se identificó que en promedio utiliza la temperatura de 28 (°C) para producir el biogás, el cual es óptimo ya que fermenta los residuos orgánicos en el menor tiempo posible y de esa manera aumenta la producción [9], [10], [11], [12], [13]. Además, se verifica que la generación de energía varía de acuerdo a la potencia de máquina, en este caso utilizaron 2 máquinas con potencias de 150 kw y de 6100

kw y se tiene un rango desde 4.77 kwh hasta 95.97 kwh que se genera a base de 1 m³ de biogás y se analizó que la máquina de menor potencia tiene mayor eficiencia en la generación de energía [14].

C. Planificación sistemática del diseño

SLP (Systematic Layout Planning) es una técnica utilizada para diseñar y optimizar la distribución, recorrido de materiales entre las áreas involucradas de los procesos. SLP tiene como objetivo abarcar problemas de distribución de planta considerando factores cuantitativos y cualitativos. Asimismo, esta se puede aplicar o actualizar cada vez que sea requerido con el objetivo de tener identificado las distancias establecidas entre áreas. De acuerdo con los artículos revisados proporcionan el estudio de la aplicación de SLP en una empresa que fabrica un solo producto. La aplicación de las herramientas de esta metodología para el desarrollo del diseño y mejora el flujo de material. Como resultado de obtienen cuatro posibles formas de distribuir la planta de acuerdo con las necesidades identificadas. Asimismo, muestran que estas herramientas tienen resultados positivos en cuanto a reducción de tiempo y flujo de material [15], [16].

D. Mantenimiento productivo total

TPM (Total Production Maintenance) es una metodología que propone un modelo integral de gestión de mantenimiento con el fin de incrementar la disponibilidad de una máquina. De acuerdo con los artículos revisados la mayoría implementa el tercer pilar de esta metodología, el cual es el mantenimiento planificado o preventivo. Para las empresas manufactureras, las actividades preventivas que utilizaron son La limpieza, lubricación, ajuste de los componentes y verificación. Asimismo, se dividen en 3 fases, la primera fase está compuesta por metas, indicadores, capacitación del equipo, componentes y actividades del mantenimiento. La segunda fase se compone por las tareas necesarias que se realizan de acuerdo con el programa establecido TPM y la tercera fase, define el seguimiento y las observaciones de las auditorías internas que se enumeran para mejorar el programa, aplicando esta metodología se obtuvo como resultado un incremento del 15% de disponibilidad de máquina [17]. En el sector de la impresión, implementaron el mantenimiento preventivo del TPM ya que su sistema de mantenimiento de producto total comprometía mucho a la condición técnica de la máquina, asignaron a los operarios la realización de inspección de acuerdo con una lista de verificación, así como se realizó el formulario de informe de incumplimiento y el formulario de informe de finalización de inspección y por último se realiza la auditoría para cada máquina. Como resultado, cambio la forma de pensar de los operadores para hacerles ver que el mantenimiento de activos a intervalos planificados contribuyó a mejorar la calidad del producto y facilito la entrega oportuna y aumento en un 10% la disponibilidad de máquina [18]. Comparando los resultados previos, el primer artículo aplica todas las fases de la herramienta del mantenimiento preventivo

y el segundo artículo le falto sintetizar la parte del seguimiento y las observaciones de las auditorias es por ello que excede en un 5% la disponibilidad de máquina.

III. APORTE

En la figura 1, se muestra el modelo para su diseño toma como base a la propuesta del modelo de energía sostenible de la producción de briquetas de arroz de Arévalo [19], dónde describe los módulos Programa de Producción, Logística y Distribución de Planta, al cual se le añade el módulo de Mantenimiento y Distribución de Energía. Para el módulo de Mantenimiento se utilizó la metodología TPM, dónde se implementa el mantenimiento Preventivo. Asimismo, se añadió el mantenimiento Correctivo en donde se realiza formatos y procedimientos para casos de emergencia. Para el módulo de Distribución de Energía se utiliza un panel que abastece con conexión directa del generador eléctrico y se distribuye a las viviendas de bajos recursos y escasos energéticos. Es importante recalcar que los residuos sólidos orgánicos modifican mediante la digestión anaeróbica, el cual es un proceso que involucra la transformación de la materia orgánica en biogás [20].

A. Producción

En este módulo se debe determinar la cantidad necesaria de residuos orgánicos a utilizar para producir la cantidad de biogás y generar la electricidad requerida para distribuirlos a las viviendas. Para identificar la cantidad de biogás (CB) y el stock de biogás mensual (SBM) que se producir se utilizan estas fórmulas:

$$CB = \frac{\text{Cantidad de kg de residuos orgánicos}}{\text{Densidad de kg de residuos orgánicos x m}^3} \quad (1)$$

$$SBM = \text{Biogás producida al mes} - \text{Biogás requerida al mes} \quad (2)$$

La fórmula (1) nos proporciona la cantidad de biogás en m³ que se producirá con la cantidad de kg de residuos orgánicos que entrará al biodigestor. Así como, usando (2) se verifica lo que queda después de utilizar la cantidad de biogás en m³ requerido para las viviendas.

Con respecto a la generación de energía se utiliza (3) para identificar la cantidad de energía que se generara con el biogás en m³ que se produce. Además, usando (4) se obtiene la cantidad de electricidad en kWh que quedaría después de distribuir la energía a las viviendas con escasos energética.

$$CE = \text{Cantidad de Biogás} * \text{Densidad de electricidad} \quad (3)$$

$$SEM = \text{egm} - \text{erm} \quad (4)$$

donde

egm: Electricidad generada mensual

erm: Electricidad requerida mensual

En la fórmula (3) se identifica la cantidad de energía que se generara con el biogás en m³ que se produce. Además, usando (4) se obtiene la cantidad de electricidad en kWh que quedaría después de distribuir la energía a las 10 viviendas con escasos energética.

B. Logística

Se debe definir cuál será la movilidad para transportar y si este es propio o se debe tercerizar. Para este caso el transporte a utilizar para recoger los residuos orgánicos de los mercados hacia la planta será con la movilidad propia de la Municipalidad de Comas. Para la elección del ruteo se debe elaborar un cuadro usando la metodología de Distribución de Redes. En segundo lugar, se debe realizar un cuadro y asignar

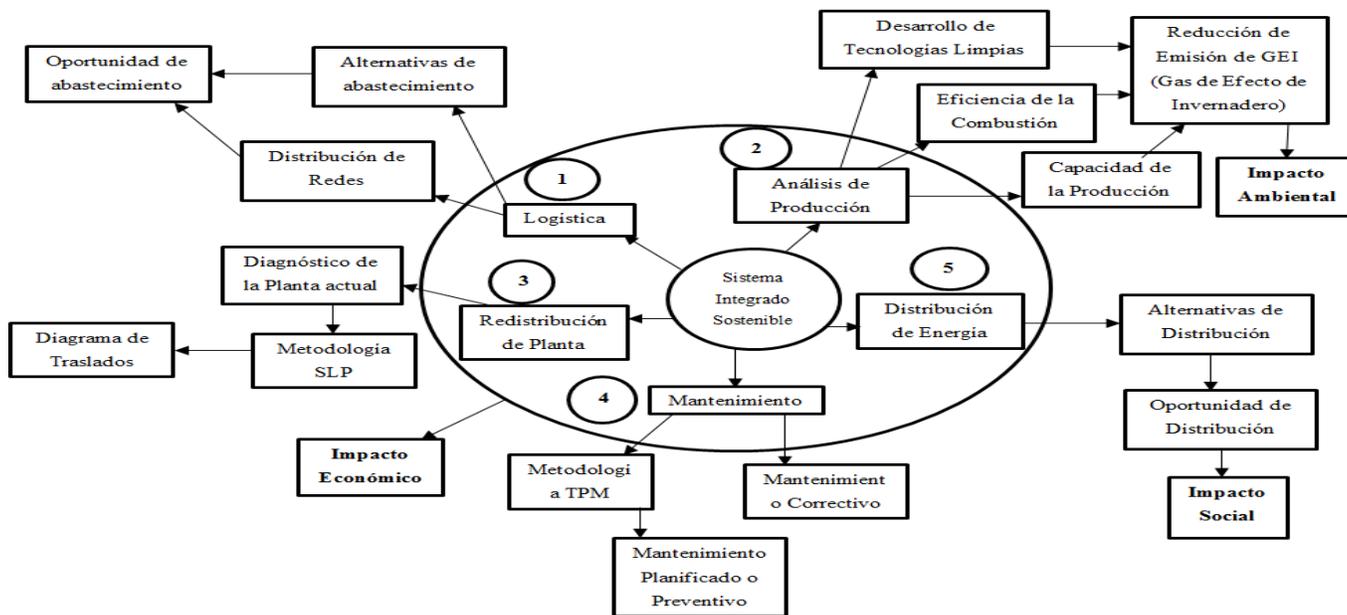


Fig. 1 Modelo Integrado Sostenible

una letra a cada mercado destino con su respectivo antecedente, el cual indica cercanía del mercado, la cantidad de tachos o capacidad que tiene de recojo por mercado y el tiempo estimado de llegada, carga y descarga. Luego se debe elaborar un segundo cuadro donde se realiza el llenado de los datos considerando los nodos conectados, los más cercanos, la distancia involucrada entre cada mercado, la distancia mínima y por último el resultado. Es importante recalcar el alcance. Por ello, es que se realiza utilizando la ruta más corta, mas no con programación lineal. Por último, se debe analizar el resultado final considerando las restricciones de distancia. Asimismo, se deben calcular las especificaciones de la moto furgoneta ya que son sumamente importantes porque con ella se calculan los espacios disponibles que se tienen para recolectar los tachos con residuos orgánicos de los mercados. Por ello, también se debe identificar las especificaciones de los tachos que cada mercado utiliza al desechar sus residuos orgánicos. Luego se debe calcular el cubicaje con las especificaciones detalladas previamente y se procede a evaluar con la metodología del cálculo exacto, en donde se obtiene las medidas precisas tanto del contenedor como del cubo de carga de la furgoneta. A continuación, se muestran las fórmulas para calcular el tiempo de ruteo (PTR) (5) y cálculo del cubicaje (CC) (6).

$$PTR = \frac{\text{Tiempo actual de ruteo (Horas)}}{\text{Tiempo anterior de ruteo (Horas)}} * 100 \quad (5)$$

$$CC = \text{laa_tolva} - \text{laa_tacho} \quad (6)$$

Donde:

laa_tolva = largo por ancho por altura de la tolva

laa_tacho = largo por ancho por altura del tacho

C. Mantenimiento

Para desarrollar este módulo se utiliza la metodología TPM el cual tiene como alcance un mantenimiento preventivo para la moto furgoneta, el biodigestor y el generador eléctrico. Se realiza un plan para ejecutar de manera adecuada y programada los mantenimientos y de esa manera garantizar las condiciones óptimas de la unidad vehicular y las máquinas de producción. Se analiza la frecuencia de mantenimiento para cada máquina, luego se implementa un manual de procedimiento para que el operario verifique el proceso de desarrollo de las actividades que tiene que realizar antes y después del mantenimiento. Antes del mantenimiento, el operario debe llenar la solicitud para que proceda con sus funciones. Después del mantenimiento, se rellena la rutina del mantenimiento preventivo planificado para verificar que material requiere cambio o solo una limpieza. Finalmente, se verifica mediante los formatos previamente mencionados cual es la variación mediante el indicador de disponibilidad de máquina (7). Asimismo, se implementa un mantenimiento correctivo para mitigar casos de emergencia.

$$ID = \frac{\text{Tdlm} - \text{Nfm}}{\text{Tdlm}} * 100\% \quad (7)$$

Donde:

Tdlm = Total de días laborables al mes

Nfm = Numero de fallas al me

D. Redistribución de Planta

Este módulo tiene como objetivo dar un detalle de pasos a seguir para realizar una correcta redistribución. Se debe diagnosticar si la planta actual cumple con los requisitos de distribución de Planta como: principio de la integración total, principio de la mínima distancia a recorrer, flujo óptimo, espacio cubico, flexibilidad y satisfacción de seguridad. Asimismo, para la distribución se debe utilizar la metodología SLP haciendo uso un Diagrama de Traslados. Esta es una herramienta de evaluación del flujo de materiales, la cual permite plantear una propuesta de distribución analizando el tránsito (la cantidad de traslados) entre las áreas productivas de la planta. También se debe desarrollar el diagrama relacional de actividades para identificar efectivamente las áreas que no deben estar próximas entre sí. Por otro lado, se debe desarrollar la herramienta Guerchet para identificar el porcentaje de utilización de planta (8), el cual se detalla a continuación:

$$PU = \frac{\text{Área útil}}{\text{Área Total}} * 100 \quad (8)$$

E. Distribución de Energía

La distribución de energía se hace cuando los residuos orgánicos pasan a transformarse en el biodigestor para generar biogás el cual debe estar conectado a un panel con conexión directa a un generador eléctrico con conexión habilitada a las viviendas con escasas energética. Se debe tener determinar los equipos que se utilizaran para la instalación, distribución de la energía generada.

IV. VALIDACIÓN

El modelo integrado sostenible se validó a través de un plan piloto que se realizó en una municipalidad distrital de Lima-Perú.

Para la validación del módulo de producción se obtuvo como resultado que cada vivienda utiliza 0.64 m³ de biogás en 1 día y en 30 días 192 m³; es decir, se puede generar 2241 kWh de energía eléctrica para abastecer una cantidad promedio de 10 viviendas a base de biogás. Estos resultados hacen viable el modelo diseñado porque generamos 261.98 m³ de biogás y 3201.35 kWh de energía eléctrica con lo que se puede abastecer por 30 días a 14 viviendas como máximo.

En el módulo logístico se logra reducir de 6 horas a 3 horas; es decir, en un 50% el tiempo de recojo, carga y descarga de los 10 tachos de residuos orgánicos obtenidos de los mercados del distrito utilizando el 95% del espacio

TABLA III
LISTA DE RELACIONES

Código	Relacion
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Ordinario o normal
U	Sin Importancia
X	No recomendable

Finalmente, en el módulo de Distribución de Energía se tiene como resultado la identificación de los equipos que se requieren y cuánto son los que se necesitan para garantizar que la potencia generada se distribuya de manera eficiente. Según el catálogo de la empresa Caterpillar y con respecto a la energía que se va a producir (2,241 kWh) requerimos de dos generadores de biogás del modelo G3512A y un panel de control modelo clásico ComAP InteliLite MRS 15.

En la tabla IV se muestran los resultados obtenidos:

TABLA IV
RESULTADOS OBTENIDOS

Indicadores	Demanda	Propuesta
Cálculo del Biogás (CB)	193m ³ de biogás	261,98m ³ de biogás
Stock Biogás Mensual (SBM)	0	68.98 m ³ de biogás
Calculo de Energía (CE)	2241 kWh	3201.35 kWh
Stock Electricidad Mensual (SEM)	0	960.35 kwh
Porcentaje tiempo reducido (PTR)	6h	(3h) 50%
Calculo del cubijaje (CC)	0	95%
Indice de disponibilidad (ID) Moto Furgoneta	90%	93%
Indice de disponibilidad (ID)Biogestor y Generador electrico	0	15%
Porcentaje de utilizacion de planta (PU)	0	41%

V. DISCUSIÓN

Si bien es cierto se obtuvo resultados positivos con el uso del modelo propuesto como disminución del tiempo de ruteo, aumento de la disponibilidad del activo principal para el recojo y descarga de los desechos orgánicos. Sin embargo, durante el año se observa dos escenarios que muestran la

variación en la cantidad recojo y descarga de los desechos orgánicos. Dichos escenarios se describen a continuación:

A. Escenario 1 – Temporada Normal

En esta temporada se refiere a días que no son festivos. Para este escenario se recolecta en promedio diariamente 350 kg de residuos orgánicos, el cual representa en biogás 104.8 m³ y transformado se obtiene 1280.5 kWh

B. Escenario 2 – Temporada Alta

En esta temporada se refiere a días que, si son festivos como fiestas patrias, navidad o año nuevo. Para este escenario se recolecta en promedio diariamente 400 kg de residuos orgánicos, el cual representa en biogás 119.8 m³ y transformado se obtiene 1463.9 kWh

Según los datos descritos anteriormente se analiza que en temporada alta hay un incremento del 14.3% en recolección de residuos orgánicos. Por lo que se observa que no hay un resultado negativo en cuanto a incumplir con la demanda planificada. Asimismo, se abastece con normalidad las casas que se tiene establecidas.

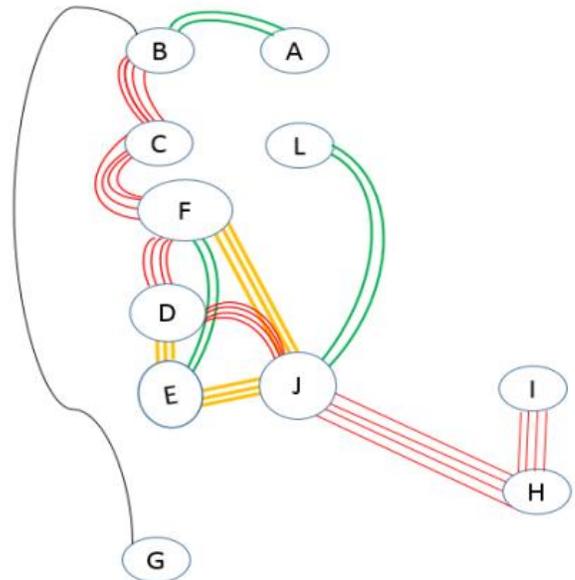


Fig. 4 Requerimiento de espacios propuesto.

VI. CONCLUSIONES

Este estudio ha demostrado una forma de diseñar un sistema integrado que permita utilizar a niveles máximos los residuos orgánicos municipales recolectados que no se estaban aprovechando apropiadamente. Esta oportunidad de mejora fue la línea base para desarrollar 5 componentes de este nuevo diseño, el cual gracias a la logística se logra identificar el correcto flujo de ruteo disminuyendo el tiempo de recolección de residuos en un 50% utilizando un 95% del espacio de carga de la moto furgoneta. Con respecto al mantenimiento se logra incrementar la disponibilidad de la moto furgoneta en un 3%.

Asimismo, se logra redistribuir la planta disminuyendo distancias entre áreas y esfuerzos en un 45 % con un espacio de utilización del 41%. Además, se determina que equipos se requieren para la transformación de biogás a energía eléctrica. Por último, se logra cubrir la capacidad de biogás para abastecer con energía eléctrica a 10 viviendas con carencias energéticas en el distrito Comas, Perú.

REFERENCIAS

- [1] Galarza, E., Diario Gestión, <https://gestion.pe/economia/minam-peruanos-generan-1-kilo-residuos-solidos-diaris-143353>
- [2] Un panorama mundial de la gestión de desechos sólidos hasta 2050, Banco mundial, <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>
- [3] Los desechos a nivel mundial crecerán un 70% para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes, Banco mundial, <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>
- [4] Un tercio de los residuos de América Latina y el Caribe termina en basurales o en el medio ambiente, ONU, <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/un-tercio-de-los-residuos-de-america-latina-y-el-caribe>
- [5] Grandezy Percy, Actualidad Ambiental, <https://www.actualidadambiental.pe/opinion-retos-y-oportunidades-del-compostaje-en-el-peru/>
- [6] Instituto Nacional de estadística e Informática (INEI), <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/censo-2017-conoce-habitantes-lima-noticia-530568>
- [7] Ministerio del Ambiente identifica 92 distritos que requieren tomar acciones para mejorar el manejo de residuos sólidos, OEFA, <http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/ministerio-del-ambiente-identifica-92-distritos-en-situacion-de-riesgo-por-manejo-de-residuos-solidos/>
- [8] Loaiza, M., Pinta, M., Herrera, J., & Suarez, F., “Optimización de Recorridos de la compañía "Radio Taxis Ecuador" Aplicando Modelo de Redes”. *UTMACH*, pp 1-9, 2018.
- [9] Arévalo, J., Quispe, G., Raymundo, C., “Sustainable Energy Model for the production of biomass briquettes based on rice husk in low-income agricultural areas in Peru.”, *Energy Procedia*, 141, pp. 138-145.
- [10] K Ferreira, L., Otto, R., Silva, F., Souza, S. & Ando J, “Review of the energy potential of the residual biomass for the distributed generation in Brazil”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 1, pp. 1-16, 2018, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.034>
- [11] Claudinei, S., Rodriguez, D. & Goncalves E, “Construction of biodigesters to optimize the production of biogas from anaerobic Co-Digestion of Food Waste and Sewage,” *Energies*, pp. 1-10, 2018, <https://doi:10.3390/en11040870>
- [12] Diniz, M., Kuczman, O., Melegari, S., Schirmer, W., Alves, H., Secco, D., Buratto, G., Ribeiro, C. & Beltrame, F. “Food waste anaerobic digestion of a popular restaurant in Southern Brazil”, *Cleaner Production*, pp.1-23, 2018, <https://doi:10.1016/j.jclepro.2018.05.282>
- [13] Maldaner, L., Wagner, C., VanderZaag, A., Gordon, R. & Duke, C. (2017). “Methane emissions from storage of digestate at a dairy manure biogas facility,” *Agricultural and Forest Meteorology*, pp. 1-12. 2017, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.12.184>
- [14] Jasmine, H., & Rob B, “Assessment of the Cambodian National Biodigester Program,” *Energy for Sustainable Development*, 1-12, 2018.
- [15] Ribeiro, E. M., Barros, R. M., Filho, G. L., Santos, I. F., Sampaio, L. C., Santos, T. V., Freitas., J. V., “Feasibility of biogas and energy generation from poultry manure in Brazil,” *Waste Management & Research*, pp 1-15, 2017.
- [16] Zhao, Y. L. “Research on Logistics Center Layout,” *Lecture Notes in Electrical Engineering*, pp 2-12, 2014.
- [17] Syed Asad Ali Naqvi, M. F., “Productivity improvement of a manufacturing,” *Cogent Engineering*, pp 1-13, 2016.
- [18] Moscoso, C., Fernandez, A., Viacava, G. & Raymundo, C. (2020). Integral Model of Maintenance Based on TPM and RCM Principles to Increase Machine Availability in a Manufacturing Company. Check for updates, pp 878-884. https://doi.org/10.1007/978-3-030-25629-6_137
- [19] Arévalo, J., Quispe, G. & Raymundo, C., “Sustainable Energy Model for the Production of biomass briquettes based on risk husk in low-income agricultural areas in Perú”, *Energy Procedia*, Vol. 141, pp 138-145, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.026>.