

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

Propuesta de un Manual para el análisis de movimiento de contenedores dentro de una ciudad puerto: Caso Guayaquil

Emilio José Morales Núñez

Xavier Ricardo Seminario Vergara

Ingeniería Industrial

Trabajo de integración curricular presentado como requisito

para la obtención del título de:

Ingeniero Industrial

Quito, 18 de diciembre de 2019

Universidad San Francisco de Quito USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Propuesta de un Manual para el análisis de movimiento de contenedores dentro de una ciudad puerto: Caso Guayaquil

**Emilio José Morales Núñez
Xavier Ricardo Seminario Vergara**

Calificación

Nombre del Profesor, Título académico

Sonia Valeria Avilés Sacoto, Msc, Dsc.

Firma del Profesor:

Quito, 18 de diciembre de 2019

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Emilio José Morales Núñez

Código: 00125474

Cédula de identidad: 0923220883

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Xavier Ricardo Seminario

Código: 00126431

Cédula de identidad: 0927621573

Lugar y fecha: Quito, 18 de diciembre de 2019

RESUMEN

Hoy en día, la globalización es un hecho que impacta a la economía mundial de manera directa, debido a la importancia del movimiento eficiente de bienes por diferentes medios de transporte. El transporte marítimo debido a la economía de escala es el método más utilizado para el movimiento de bienes y “commodities”. Por otro lado, el fuerte impacto que tiene un puerto en una ciudad, y la conectividad de todo el sistema urbano con el puerto, debe ser eficiente para ser competitivos a nivel nacional e internacional por la influencia de los altos costos de transporte sobre el precio de venta de un producto. Así, Guayaquil al ser una ciudad puerto importante no solo a nivel nacional pero también a nivel Latinoamérica, debe contar con un buen sistema vial y urbano para el movimiento de contenedores que llegan al puerto. El siguiente estudio propone un manual con dos métodos de recopilación de data para el monitoreo de camiones con contenedores dentro de la ciudad de Guayaquil, lo cual constituye una primera aproximación para el modelado de un sistema urbano dentro del mismo.

Palabras Clave: Reconocimiento de imagen, GPS, Sistema Urbano, Nodos, Modelos logísticos, Guayaquil.

ABSTRACT

Globalization had a huge impact in world economy, due to technology, internet and the global freight system. The transportation of goods and commodities had experienced a growth, and the most used is the maritime transportation due to the economy of scales. On the other hand, Due to this growth, ports have a big impact on the city and the ability to connect the entire urban system efficiently is very important for a country to be competitive in the national and international markets, due to the low transportation costs which will affect directly the sale price of products. Thus, the city of Guayaquil, which has a competitive and efficient port, must have an efficient urban and logistic system for an efficient container movement through the city. This research proposes a manual of how to get data to monitor container movement within Guayaquil urban system, that would help with the development of an efficient logistic system.

Keywords: Image recognition, GPS, Urban system, Nodes, Logistic model, Guayaquil

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-------------|
| Ingeniería Industrial | 1 |
| Trabajo de integración curricular presentado como requisito para la obtención del título de: Ingeniero Industrial | 1 1 1 |
| INTRODUCCIÓN | 9 |
| DESARROLLO DEL TEMA | 12 |
| CONCLUSIONES | 35 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 37 |
| ANEXOS | 42 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Identificación de rutas | 22 |
| Tabla 2: Identificación de los camiones | 27 |
| Tabla 3: Identificación de ruta | 27 |
| Tabla 4: Ruta del Camión | 27 |
| Tabla 5: Información obtenida por dispositivos GPS | 33 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Matriz de relación ciudad puerto | 13 |
| Figura 2: Rutas asignadas para el movimiento de contenedores | 22 |
| Figura 3: Posicionamiento de las cámaras necesarias para la obtención de datos | 23 |
| Figura 4: Codificación mandatorio para los contenedores | 24 |
| Figuras 5: Transformación de imagen | 25 |
| Figuras 6: Sistema Satelital compuesto de 24 satélites | 29 |
| Figuras 7: Teoría de triangulación gráfica | 30 |

INTRODUCCIÓN

Debido a la globalización, ahora existe una mayor conectividad entre los continentes, países, ciudades, e inclusive entre personas, siendo la industria del transporte una de las más beneficiadas por esta situación, ya que permite el incremento de intercambio de bienes a nivel mundial. Con la crisis del año 2008, donde el sector bancario, con el medio de préstamos resultó impagable a cualquier persona dentro de los Estados Unidos (Gambrill, 2008), dio origen una burbuja económica que terminó con la quiebra de muchas empresas y bancos a nivel mundial. Sin embargo, la globalización logró contrarrestar dicha situación, ya que permitió la recuperación de la economía global, sobre todo la de muchos países afectados por la misma, incluyendo que el PIB mundial incrementará en una tasa anual de 3,4% (Eichengreen, 2019), gracias al intercambio de bienes entre los países, como también las distintas economías tuvieron movimiento de efectivo, ayudándolos a recuperarse por medio del uso de transporte intercontinental.

Entre los diversos métodos de transporte usados para el intercambio de bienes, el transporte marítimo, resulta ser el más útil y económico, debido a la economía de escala, refiriéndose a ésta como la capacidad de producir o transportar mayor cantidad a un menor costo, permitiendo que los países puedan intercambiar bienes entre sí (Munisamy & Jun, 2013). Es por ello, que los puertos hoy en día tienen un fuerte impacto en las actividades privadas y públicas de un país, ya que funcionan como el terreno designado y encargado de unir el transporte marino con el transporte terrestre (Dwarakish & Salim, 2015). Desde un punto de vista económico, los puertos son catalizadores del desarrollo económico de distintos sectores, siendo tanto el sector de servicios especializados como el sector de producción, facilitando así el ingreso y salida de materias primas o materia elaborada para el desarrollo de negocios (Rodrigue, Comtois & Slack, 2017). Sin embargo, es aquí donde surge la inquietud de cuáles son los beneficios que da la actividad portuaria a la ciudad en la que se encuentra, y de éstos, cuáles son beneficios directos e indirectos.

Entre los beneficios directos, el soporte a las diferentes cadenas de suministro de diferentes empresas sobresale en la lista; ya que permite incrementar el valor agregado de sus productos y la reducción de costos de transporte lo que influye en el precio de venta al público (P.V.P.) (Rodrigue et al., 2017). Por otro lado, entre los beneficios no directos, encabeza la lista, la relación a la inversión portuaria; ya que permite el crecimiento y expansión de los mercados, nacionales e internacionales, así como la competencia entre ambos, mejorando los precios de venta para el cliente final (Rodrigue et al., 2017).

Por otro lado, el sector portuario en un país juega un rol importante en el crecimiento y desarrollo de éste. En el caso de Ecuador, el puerto Contecon de Guayaquil es el encargado de manejar el 83.95% de los contenedores que entran al país de acuerdo con el Servicio Nacional de Aduanas del Ecuador - SENA. Este puerto se ubica entre los siete mejores puertos a nivel Latinoamérica debido a la cantidad de TEUs movidos en un año, con un aproximado de 2,06 millones de TEUs en el año 2018 (ECLAC, 2019). Un TEU proviene del acrónimo en inglés “Twenty-foot Equivalent Unit”, y se refiere a la capacidad de carga de un contenedor equivalente al contenedor de 20 pies (Roa, Peña, Amante & Goretti, 2013). Esta es la unidad de medición utilizada para el manejo de contenedores. Los puertos con mayores movimientos de TEUs en Latinoamérica son los siguientes: primero, puerto Colón de Panamá, segundo puerto San Pablo de Brasil, tercero, puerto de Manzanillo de México, cuarto Puerto de Bahía de Cartagena de Colombia, quinto, Puerto balboa de Panamá, sexto, puerto de Callao de Perú y séptimo el puerto de Contecon en Guayaquil. Siendo esta la lista del top 7 puertos más importantes en Latinoamérica (ECLAC, 2019).

Como anteriormente se mencionó, el puerto de Guayaquil maneja una gran cantidad de bienes que entran y salen del país, con un aproximado del 83.95% (SENAE, 2016). A pesar de ser uno de los puertos más importantes de Latinoamérica y del mundo, la eficiencia del sistema portuario debe ser analizada, resaltando que el movimiento y logística de los bienes del puerto a la ciudad o de la ciudad hacia el puerto debe ser estudiado para generar una

ventaja competitiva del puerto a nivel mundial. Además de ser el puerto más importante del país, la capacidad de mover la cantidad de bienes que entran al país de manera eficiente debe ser complementado con la distribución eficiente de éstos desde el puerto hacia la ciudad y viceversa con el objetivo de obtener precios más competitivos. El volumen de contenedores que entran y salen de la ciudad crean un alto impacto en el tráfico y fluidez de la ciudad, por esta razón este estudio busca desarrollar un manual que pueda obtener datos del movimiento de camiones dentro de la ciudad que servirán a estudios futuros en el ámbito logístico y urbano para la ciudad.

DESARROLLO DEL TEMA

Revisión Literaria:

Ciudades puerto:

Las ciudades puerto son reconocidas por su potencial de crecimiento. Los puertos son piedras angulares para cualquier ciudad puerto para su crecimiento económico. Se entiende como una ciudad puerto, aquella ciudad que posea una entrada de mar en la cual se haya desarrollado un puerto para el movimiento y trasbordo de contenedores para el comercio nacional (EPA, 2018). Como ejemplo, el puerto Contecon de Guayaquil, acumuló una utilidad de casi aproximadamente \$45 millones de dólares entre los años 2016 y 2017 (CEPAL, 2019). Esto demuestra claramente la importancia que tiene un puerto hacia la economía de una ciudad, y como funciona como reactor y motor para el desarrollo económico.

La conectividad y relación que existe entre las ciudades y los puertos afectan directamente al intercambio entre el país y los buques, ya que esta relación permite entender el funcionamiento de una ciudad puerto en cuanto a la importancia del sistema urbano. En el trabajo de Ducruet y Lee (2006) *“Frontline soldiers of globalisation: Port-city evolution and regional competition”* presenta una matriz con el objetivo de entender la relación de las ciudades y puertos basada en la intermediación de los puertos y la centralización de las ciudades. La centralización se refiere a la repartición de las actividades económicas de una ciudad. La intermediación se refiere a la influencia del puerto sobre las actividades económicas de una ciudad. Ducruet & Lee (2006) ejemplifican que ciudad, como Buenos Aires, Barcelona, Cape town entre otras, son ciudades donde tanto el sector portuario como la ciudad tiene niveles similares de influencia sobre las actividades económicas de la ciudad.

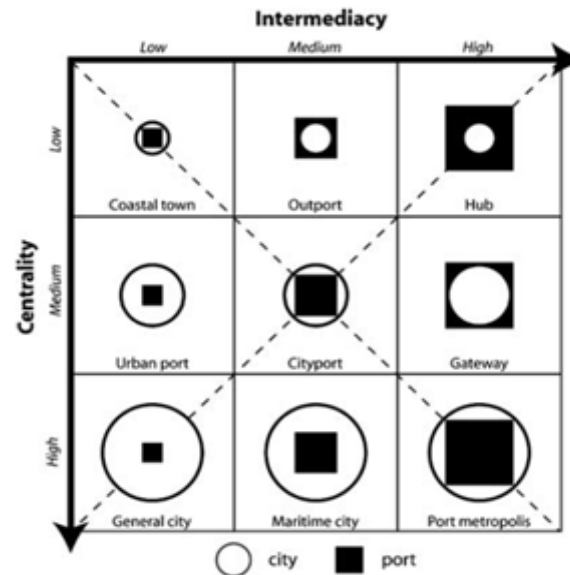


Figura 1. Matriz de relación ciudad puerto (Ducret & Lee, 2006)

La Figura 1 muestra la matriz presentada por Ducret & Lee (2006), la cual se basa en dos diagonales principales. La primera diagonal, que inicia en la parte superior-izquierda hacia la parte inferior derecha, representa un crecimiento en conjunto y balanceado de la intermediación del puerto con la centralización de la ciudad esto se ve reflejado en ciudades como Nueva York, Tokio, Hong Kong, (Ducret & Lee, 2006). La otra diagonal que inicia en la esquina izquierda-abajo hacia la esquina derecha-arriba, representa el crecimiento desmesurado de ambas entidades siendo un crecimiento no balanceado de la ciudad sobre el puerto o del puerto sobre la ciudad. En cada sector de la matriz hay nombres asignados para diferenciar el estado de la relación y la posible dirección a la que esta relación se dirige y como afecta a la dinámica afecta al desarrollo de ambos.

Estudio preliminar: Medición de eficiencia del puerto de Guayaquil usando Data Envelopment Analysis – DEA (Análisis Envoltante de Datos)

DEA es un modelo matemático no paramétrico y una técnica basada en programación lineal para medir la eficiencia o el desempeño relativo de diferentes unidades o entidades seleccionadas, donde todas estas unidades se las comparan en base a la presencia de múltiples entradas - recursos y salidas - resultados (Boussofiane, Dyson, & Thanassoulis, 1991). En

este contexto, la unidad de decisión se la denomina DMU por sus siglas en inglés de Decision Making Unit. Las DMUs son las unidades a compararse para obtener las medidas de eficiencia y desempeño, y estos resultados son medidas escalares (Charnes, Cooper, & Rhodes, 1978). A continuación, se presenta el modelo original de DEA

$$\text{Max } G_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \quad [1]$$

Sujeto A:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1; j = 1, \dots, n \quad [1.1]$$

$$u_r, v_i \geq 0; \quad [1.2]$$

$$r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m.$$

Donde G_0 caracteriza el resultado de eficiencia para cada DMUj. El valor Y_{ij} es la representación de las salidas r para cada DMUj. Al mismo tiempo, X_{ij} son las cantidades de entradas i que tiene cada DMUj. DEA utiliza entradas y salidas ponderadas para que el modelo pueda calcular la eficiencia de cada DMUj. Finalmente, n es igual al valor del número de unidades, s es igual al número de salidas, y m el número de entradas. Este modelo es un modelo lineal fraccional que necesita ser convertido en forma lineal. Según (Munisamy & Jun, 2013), (K. Cullinane, Song, Ji, & Wang, 2004), (Campos Pires, 2016) concluyen que el modelo [1] debería ser transformado a forma lineal. Charnes, Cooper, y Rhodes transforman el modelo fraccional como se muestra a continuación (Charnes et al., 1978):

$$\text{Min } G_0 = \sum_{i=1}^m v_i x_{io} \quad [2]$$

Sujeto A:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0; j = 1, \dots, n \quad [2.1]$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{ro} = 1 \quad [2.2]$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad [2.3]$$

$$r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m.$$

Si una DMU resultará con un valor de eficiencia igual a 1, este puede ser considerado como eficiente, y por lo tanto está ubicado en la frontera de eficiencia. Sin embargo, si el valor de eficiencia es menor a 1, entonces el DMU se lo considera como ineficiente y la diferencia de este punto hacia la frontera de eficiencia se la conoce como slack o variable de holgura.

El Anexo 1 detalla la frontera de eficiencia para los casos donde se tiene un modelo orientado a las salidas, y un modelo orientado a las entradas. Dependiendo de cada modelo, el slack mencionado anteriormente se lo denomina “slack de entradas” o “slack de salidas”.

Modelo BCC: Banker, Charnes, y Cooper

En 1984, Banker, Charnes y Cooper proponen una nueva manera de afrontar modelos CCR del DEA, también conocida como modelo VRS de sus siglas en inglés Variable Return to Scale. Este modelo considera el retorno creciente a escala (IRS), el retorno constante a escala (CRS) y el retorno decreciente a escala (DRS) en la frontera de eficiencia mientras que el modelo CCR solo considera el CRS. El modelo BCC presenta una frontera de eficiencia curva cóncava que se puede ver en el Anexo 2.

El modelo VRS hace que la frontera de eficiencia cambie de una línea recta a una línea cóncava. El modelo BCC también tiene una versión de orientado a las entradas y otra de

orientado a las salidas. Ambos casos cumplen la misma lógica explicada en el modelo CCR.

El modelo BCC orientado a las salidas se lo presenta a continuación:

$$\text{Max } \varphi \text{ [6]}$$

Sujeto A

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = x_{io}; \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} = \varphi y_{ro}; \quad r \in O$$

$$\varphi \geq 0; \quad \varepsilon \lambda = 1$$

La principal diferencia entre CCR y BCC es la restricción de lambda λ , para el modelo CCR, $\lambda \geq 0$ a para el modelo BCC la sumatoria de $\lambda=1$. En el modelo [6], los resultados de eficiencia son obtenidos como $\varphi \geq 1$, cuando $\varphi = 1$ el DMU es eficiente y cuando $\varphi > 1$ es considerado ineficiente. Para obtener una escala de eficiencia en el rango del 0 al 1, el valor de eficiencia debe ser transformado dividiendo cada valor de cada DMU para 1.

Caso de estudio

Una de las partes más importantes de un estudio utilizando DEA es la selección de variables. Para que el modelo de DEA funcione correctamente, todas las variables empleadas deben aplicarse a todos los DMUs, y también las variables deben tener relación de causa-efecto entre ellas y estar involucradas con la eficiencia analizada. Existen dos tipos de variables, las variables de entrada y de salida. Esas variables de entrada y salida deben verdaderamente representar el estado de un puerto, estar relacionadas con la eficiencia portuaria y reflejar los objetivos del estudio (Lu & Wang, 2017).

Para el estudio del puerto de Guayaquil, el objetivo involucra un modelo orientado

a las salidas, es decir que lo que se pretende alcanzar es maximizar las salidas manteniendo el mismo nivel de entradas. Es por esto que la variable de salida debe representar la eficiencia del puerto y, además, que no solo funcione para el puerto Contecon de Guayaquil sino para todos los demás puertos de Latinoamérica con los que se realizará el análisis. En la revisión literaria se encontraron varios autores incluido Kevin Cullinane (2004) de la Universidad de Gothenburg, que concluye que la variable ideal para utilizar como salida para un estudio de puertos es el flujo de TEUs anuales. Esta variable es tan significativa sobre los puertos que la Comisión Económica de Latinoamérica y el Caribe (ECLAC) actualiza un ranking de los 20 mejores puertos basados en el flujo de TEUs anuales.

Adicionalmente, otros factores como infraestructura, prácticas, operativos, sociales, etc., deben ser analizados simultáneamente. Con esta idea, se considera que todos los puertos son diferentes, en términos de tamaño, maquinaria, estructuras, etc., por lo que no es lo mismo que un puerto que tiene gran número de equipos mueva la misma cantidad de TEUs que un puerto que no tiene varios equipos. Por ejemplo, no es lo mismo que un puerto que posee 100 grúas pórtico mueva 1000 contenedores (dando una productividad de 10 TEUs/grúa) que un puerto que posea 1000 grúas y mueva los mismos 1000 contenedores, dando una productividad de 1 TEU/grúa. Debido a esto se determinó una segunda salida para el estudio, la productividad por grúa del puerto medido en TEUs/grúa. Con el mismo razonamiento se determinó que también es importante medir una productividad del área del puerto, ya que los puertos de Latinoamérica varían en tamaño y es un limitante de la capacidad que tienen, por lo que la tercera variable de salida para el estudio resulta ser productividad por metro cuadrado medido en TEUs/m². Esta idea de productividad es utilizada en un boletín FAL realizado por la CEPAL sobre la productividad de los activos de los terminales de contenedores en Latinoamérica y el Caribe entre los años 2005 y 2013, donde se define la productividad por grúa de los puertos dividiendo el número de TEUs movidos anualmente de cada puerto para el número total de grúas de cada puerto (Doerr,

2014). Sin embargo, para obtener estas variables, se debe primero obtener los valores de grúas pórtico de cada puerto y el área total en metros cuadrados de cada puerto. Con estos datos, se divide el flujo anual de TEUs para estos valores obteniendo las dos variables de salida para el estudio.

Por otro lado, las variables de entrada propuestas para el análisis son:

1. Área de almacenamiento de contenedores: Es el área total dentro del puerto destinada exclusivamente a almacenar contenedores
2. Número de muelles: El total de muelles que posee un puerto para recibir embarcaciones
3. Longitud total de muelles: Es la suma de la longitud de todos los muelles que posee el puerto. Entre mayor longitud, mayor capacidad de recibir embarcaciones.

Con estas variables, y modelo escogido orientado a las salidas, la construcción del modelo de DEA con sus componentes de manera gráfica sería como lo que se muestra en el Anexo 3. Los valores de entradas son asignados a una variable denominada como X_{ij} , y los valores de salida a una variable denominada como Y_{rj} , ambas variables parte del modelo matemático DEA. Se utilizó el modelo BCC debido a que este propone unos resultados más reales ya que genera una frontera de eficiencia envolvente que se ajusta más a los datos.

Resultados

Los resultados del estudio utilizando DEA y comparando a Guayaquil Contecon con 14 puertos de Latinoamérica concluyeron que la eficiencia portuaria basada en flujo de TEUs anuales, productividad por grúa y productividad por área, Guayaquil es eficiente. Además solo se puede concluir que Guayaquil es eficiente dentro del rango de estudio, esto quiere decir que es eficiente si se lo compara con los 14 puertos con los que se realizó el

estudio. En el caso que se quiera comparar con otro puerto diferente a los del estudio, se debe primero obtener las variables de entrada y salida para este nuevo puerto, agregarlo al modelo matemático, y correr DEA nuevamente para obtener resultados.

De puerto a ciudad

La problemática se centra en entender en base a los resultados obtenidos por el estudio de eficiencia de DEA y al concluir que el puerto Contecon de Guayaquil es eficiente y competitivo en Latinoamérica, ¿qué sucede con el sistema urbano arraigado a la ciudad de Guayaquil, en términos si el movimiento de contenedores dentro de la ciudad es también eficiente? La logística de contenedores es indispensable para la competitividad de la ciudad como sistema, ya que les permite competir con otros países y ciudades de Latinoamérica, debido a que la reducción de costos sobre todo al momento de vender productos a mejor precio permitiendo el ingreso de capital al país.

Logística de contenedores en ciudades

La logística urbana, es uno de los componentes del sistema urbano, siendo parte del medio constructivo, que está conformado por el uso de suelos, el sistema vial, sistema de espacios verdes, equipamiento y soporte de infraestructura (López, 2013). El flujo de los vehículos de manera eficiente dentro del sistema urbano permite un aumento en la productividad de los sistemas. Anteriormente mencionamos que la globalización permite que el intercambio de bienes sea más sencillo y efectivo, por ende, un sistema logístico eficiente para el movimiento de los bienes que entran a un país, y cambian su método de transporte, mar a tierra, es indispensable lograr una disminución de los costos.

Desde el nacimiento del primer contenedor en 1965 la logística de los mismos ha sido una problemática que muchas ciudades puerto poseen y ha experimentado un crecimiento en los últimos años. En Australia el movimiento de contenedores en las principales ciudades del país tiene un crecimiento en una tasa de 3.5% al año (Cui, Dodson, Hall, 2015). La búsqueda

de la eficiencia es una tendencia a nivel mundial debido al incremento de intercambio de bienes por contenedores (Zenglin, Xiaopeng, Li, Chengjin, Lihua, Yajun, 2002). El crecimiento importante del transporte marítimo también tiene una influencia importante en el desarrollo de las ciudades como los siguientes mencionados (Anderson, Allen, Browne, 2005):

- El transporte es fundamental para sustentar nuestro estilos de vida
- Tienen un rol importante en el desempeño de las actividades comerciales y de servicio que generan riqueza
- Un sistema logístico eficiente crea mayor competitividad de las industrias de la región
- Los efectos que hay en el costo del transporte y logística de contenedores tiene una relación directa el costo de los bienes de la región, y en la eficiencia de la economía
- La logística tiene efectos sobre el impacto ambiental, en términos de energía, contaminación, ruido, entre otros)

Lo anteriormente mencionado resalta la importancia de una correcta logística urbana para el movimiento de cargo dentro de una ciudad puerto que afecta directamente a varios aspectos del sistema urbano. Sin embargo, la importancia y el crecimiento del transporte de contenedores sigue creciendo, por lo tanto, la industria debe mejorar la productividad y la utilización de los vehículos, pero el mayor problema es el tráfico debido al crecimiento de las áreas urbanas (Anderson, 2005). Hoy en día empresas el sector privado y público buscan mejorar las redes logísticas de las ciudades para reducir los costos incurridos en el transporte, empresas como Alibaba y el Gobierno de China buscan perfeccionar los modelos logísticos con el uso las nuevas tecnologías, como el internet de las cosas, Big Data, entre otros (Wang, Li, Cui, 2016).

Debido a la importancia de crear rutas más eficientes y mejorar los modelos logísticos por el uso de tecnologías se puede obtener la información necesaria para optimizar las rutas y el sistema urbano haciéndolo más digital. Para lograr la eficiencia es necesario conocer la

información necesaria, la recopilación de datos, y los KPIs o métricas para efectivizar la información. Un manual que permita entender todos los aspectos mencionados anteriormente para establecer planes urbanos que mejoren los sistemas viales para una transportación más eficiente.

MANUAL DE MEDICIÓN

Existen varias maneras de realizar la toma de datos para monitorear el flujo de contenedores de salida de un puerto hacia la ciudad. Sin embargo, es importante destacar que contenedores son los importantes a tomarse en cuenta para el estudio, y esto depende de cada autor y el objetivo del estudio. Se va a analizar qué contenedores se pueden analizar mediante un ejemplo. Se tiene un puerto en una ciudad A de un país con salida al mar. En este puerto entra la mayoría de los contenedores que entran al país y por lo tanto su flujo de TEUs es alto. Suponemos que de un despacho promedio de contenedores se tiene como salida promedio X cantidad de contenedores. Se plantea la pregunta: ¿Hacia dónde se dirigen esta X cantidad de contenedores? ¿Toda esta cantidad se dirige a la ciudad puerto adyacente? La respuesta es *no*. Si X cantidad de contenedores salen del puerto, X_1 cantidad de contenedores se distribuyen en la ciudad A adyacente, X_2 cantidad de contenedores se distribuyen a otras ciudades dentro del país, X_3 cantidad de contenedores son producto de exportación, o X_n sea cualquier otro destino de contenedores fuera del puerto. Por lo que se puede observar que la suma de $X_1+X_2+X_3+\dots+X_n$ da como resultado se obtiene el X inicial. Este trabajo se enfoca únicamente en analizar la cantidad X_1 , la cantidad de contenedores que se distribuyen dentro de la ciudad puerto adyacente y cómo analizar los métodos de flujo de contenedores dentro de esta para el caso de Guayaquil, Ecuador. Guayaquil es una ciudad ubicada en la zona costasur del Ecuador, y es la ciudad más grande y la más poblada seguida de la ciudad y capital Quito.

Método Cámaras y reconocimiento de imágenes

El método para la obtención de información es mediante la utilización de cámaras

digitales que funcionen como método de reconocimiento de las rutas de los contenedores. La base detrás de este método es utilizar las cámaras como nodos de referencia a lo largo de la ruta para diagramar una red de nodos necesaria para identificar a los camiones. Esta red presenta puntos específicos y estratégicos donde las cámaras deben ser ubicadas para abarcar todas las rutas por las que los camiones tienen permitido circular. La ciudad de Guayaquil tiene un total de 5 rutas principales para el movimiento libre de los contenedores, la Tabla 1 tiene identificadas y enumeradas las 5 rutas con el objetivo de asociarlas a la Figura 2 donde se presenta una visualización de Google Earth pro de estas y que exista un mayor entendimiento y comprensión de esta.

Tabla 1. Identificación de rutas

| No. Ruta | Nombre de Ruta |
|----------|------------------------------------|
| 1 | Vía al Pan |
| 2 | JV-Trujillo |
| 3 | Daule |
| 4 | Americas - JTM - Daule |
| 5 | 25 - Quito - PJM |
| 6 | Perimetral - Orellana - Samborondó |



Figura 2. Rutas asignadas para el movimiento de contenedores (Dunn, 2019)

La Figura 2 nos muestra las rutas usadas por los camiones y a partir de éstas se propone la ubicación de las cámaras necesarias para el procesamiento de imagen adecuado para la

trazabilidad de los camiones a lo largo de Guayaquil.

Para lograr la trazabilidad de los camiones se utilizará un sistema de reconocimiento de imagen asignado a una base de datos que pueda presentar la información de manera visual y en tablas para el futuro análisis de la información. Para ello se necesita una infraestructura capaz de analizar y procesar varias imágenes a una alta velocidad debido a la velocidad a la que los camiones se mueven alrededor de las diferentes rutas conectándolos a una base que determine las rutas utilizadas. El principio por el que parte este método es usar las cámaras, ubicadas en zonas estratégicas haciendo que la ubicación de estas cámaras sean la representación de nodos. Al establecerse como nodos esto permite diagramar la conexión entre el mismo resultando en una red similar a la presentada en la Figura 3.

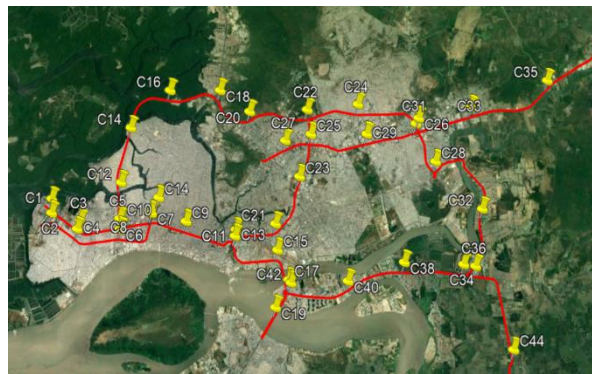


Figura 3. Posicionamiento de las cámaras necesarias para la obtención de datos
(Dunn, Autores, 2019)

La propuesta presentada en la Figura 3 abarca todas las intersecciones o sectores en los que pueda existir un cambio de ruta del camión para recopilar la información de los vehículos antes de que el mismo haga algún cambio en las rutas. De igual manera, se incluyen cámaras donde la distancia entre intersecciones es grande por motivos de control y detectar algún tipo de anomalías. Sin embargo, dentro de la localización de las cámaras existen restricciones de dinero y permisos necesarios para proseguir con la instalación. No obstante se considera un número total de 42 cámaras como un mínimo para abarcar todas las rutas y generar una red viable como la que se muestra a en el Anexo 4.

Obtención de la información

En la actualidad, los vehículos son reconocidos a nivel mundial por las placas asignadas a cada carro con la información exigida a los propietarios de los vehículos desde el año 1901 hasta la actualidad. Esta información permite reconocer al vehículo, sus propietarios, y descripción del mismo. Debido a que se propone el reconocimiento de imágenes como método de obtención de información, las cámaras deben ser capaces de identificar la placa de los camiones. Además, los contenedores tienen un código nombrado el CCR por sus siglas en inglés (Container Code Recognition) es decir el Código de Reconocimiento de contenedores. De acuerdo a la ISO 6346, este código tiene las siguientes características como las que se muestran en la Figura 4 que representa las normas aceptadas por la Comunidad Andina. (Lopez, Dalance, Prado, 2013).

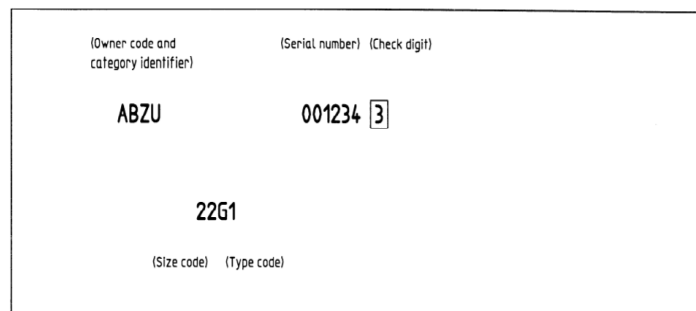


Figura 4. Codificación mandatoria para los contenedores (ISO 6346, 1995)

Para obtener información de las cámaras se debe tomar en cuenta varios factores como iluminación, resolución de la cámara distancia entre los objetos que se quieren fotografiar (Aldas, Collantes, Reyes, 2016). Una vez identificada la imagen se debe transformar la información en valores binarios para identificar las placas de los vehículos o el código de identificación de los contenedores. Entrando al reconocimiento de imagen se necesita tres pasos (Shetty, Cáceres, Pastrana, Rabelo, 2012).

1. Localizar el ROI (Reign of Interest): En el procesamiento de imágenes se debe identificar las regiones de la foto que se necesita procesar
2. Segmentar los caracteres de para identificación de letras y/o números
3. El reconocimiento óptico de la imagen y reconocimiento de caracteres.

El ROI o región de interés es un conjunto de coordenadas que permiten resaltar el área importante de una imagen con el fin de realizar un proceso de selección en una imagen para modificar y/o adecuar solo partes de una imagen (Aldás, et. al., 2016). Una vez que la imagen es capturada, debe ser primero procesada y transformada a una imagen binaria. la transformación se muestra en la Figura 5 a continuación:



Figura 5. Transformación de imagen (Aldás, et. al., 2016)

Consideraciones

Para emplear la metodología propuesta es necesario tomar en cuenta ciertas consideraciones como los equipos a utilizar, donde se encuentra las cámaras, servidores, computadores, entre otros. Además, es importante tomar en cuenta los programas y su debida programación para extraer las imágenes necesarias para el reconocimiento de los camiones y los contenedores. Por último, es importante entender que la información a manejar corresponde a empresas y/o personas individuales, por lo que la confidencialidad es muy importante al momento de desarrollar este proyecto.

Procesamiento de imágenes

Para el procesamiento de imágenes es necesario un amplio conocimiento en la programación del sistema que hace el procesamiento a tiempo real ya que los camiones pasaran por las cámaras a velocidad. Debido a esto el sistema de cámaras debe ser muy bueno para responder a esta necesidad incrementando el precio de los equipos. Programas como Python, MathLab (LabView) son uno de los softwares que pueden ser utilizados para obtener los resultados.

Manejo de la información

Como se mencionó al inicio, toda esta información permitirá identificar varios aspectos sobre la movilidad de contenedores dentro de la ciudad de Guayaquil. Para tener el involucramiento de las empresa privada y pública, la información que se maneja debe estar respaldada para evitar la salida inapropiada de los datos de estas y mantener la confidencialidad ya que se pedirá información sobre las personas y empresas. Antes utilizar la información se debe presentar el consentimiento informado a los propietarios de los camiones ya que la información a usar debe usarse de forma anónima. Se denomina consentimiento informado cuando antes de obtener el consentimiento se describe al sujeto de investigación lo que se va a hacer con sus datos, quién tendrá acceso a ellos y cómo van a ser publicados (Cepal, 2019). De igual manera, se debe asegurar la confidencialidad de los datos a utilizar en los futuros estudios. La confidencialidad se refiere al acuerdo del investigador con el participante acerca de cómo se manejará, administrará y difundirá la información privada de identificación (CEPAL, 2019). Estos dos aspectos son de suma importancia al momento de iniciar la investigación

Tabla de información

La tabla está conformada por la información que los autores consideren necesaria para el análisis y el uso correcta de la misma. Las tablas de información permitirán realizar un análisis de datos que servirá para identificar diferentes factores que permitan mejorar el sistema urbano vial de la ciudad de Guayaquil. El sistema vial mejorado hará que el movimiento de bienes sea más eficiente dentro de la ciudad reduciendo costos operativos de las empresas y mejorando los precios a nivel país y a nivel internacional permitiendo la competitividad.

Información del reconocimiento de placas

Tabla 2. Identificación de los camiones

| ID. Camión | Placa de Camión | ID. contenedor |
|-------------------|------------------------|-----------------------|
| 1 | XXX-XXXX | XXXX - XXXXXXX - XXXX |

Esta tabla se debe llenar con un número secuencial es decir 1, 2, 3, 4,..., n para cada camión que pasa por las primera cámara de las dos principales salidas del puerto (C1 y C2).

Ruta del camión

El concepto de las cámaras es trabajar la posición de las cámaras como nodos para las diferentes rutas como se muestra en el Anexo 4. Debido a la gran variedad de rutas y nodos establecidos el ejemplo de tabla será reducido para comprensión de la información.

Tabla #3. Identificación de ruta

| ID. Camión | Placa de Camión | ID. contenedor |
|-------------------|------------------------|-----------------------|
| 1 | XXX-XXXX | XXXX - XXXXXXX - XXXX |

La placa del camión está identificada por las cámaras nodales. De igual manera, los datos deberán ser unidos por medio de fórmulas, si desean ver rutas individuales por camión, resultando en la siguiente tabla:

Tabla 4. Ruta de Camión

| Placa de Camión | Ruta final |
|------------------------|-------------------|
| XXX-XXXX | C2-C4-C6-C7-C14 |

Es importante mencionar que para la ruta final se debe considerar cada nodo por el que circula el camión con el contenedor y termina cuando el camión deja el contenedor en los parques de contenedores, ya que todo contenedor después de ser vaciado por el cliente debe regresar al área de almacenamiento de la empresa. También, se debe considerar la posibilidad de colocar cámaras en las entradas de los parques de contenedores para entender todo el movimiento de contenedores con carga o sin carga.

1.3.3 Información del Vehículo

Es necesario identificar la información del vehículo para asociar datos recopilados a las distintas empresas, personas, con el objetivo de proponerles mejoras a sus sistemas logísticos y tomar en cuenta puntos específicos al momento de proponer mejoras al sistema urbano como global. Estos puntos específicos deben también considerar a las empresas y asociaciones de transportistas para mejorar la movilidad interna de la ciudad. Para la obtención de esta información es necesario tener relación y acceso a las bases de matrículas de la Autoridad de Tránsito Municipal (ATM) para hacer la detección de atributos basándose en el número de placa de los camiones. La información obtenida debe ser la que se encuentra en la matrícula de cada vehículo y se presenta en la Tabla 5 que se encuentra en el Anexo 5.

Método GPS

Uno de los métodos propuestos en este estudio para la trazabilidad y el análisis del movimiento de contenedores dentro de la ciudad de Guayaquil es mediante el sistema de GPS. La pregunta a contestar mediante este método es: ¿Cuál es la ruta por la cual se mueven los contenedores en la ciudad de Guayaquil una vez que salen del puerto Contecon? ¿Cuál de todas esas rutas resultan ser las más transitadas? Mediante este método de GPS se responden estas preguntas. Un GPS es un dispositivo de rastreo satelital que permite localizar la ubicación geográfica del mismo a tiempo real. Este funciona mediante una red de 24 satélites orbitando alrededor de la tierra. Estos satélites orbitan a 20200 km de distancia desde la superficie del planeta donde cada uno tiene programadas rutas específicas de recorrido para en conjunto cubrir toda la superficie del globo (Jimenez, 2015).

El GPS es un sistema de posicionamiento que está compuesto por tres sistemas que en conjunto forman y dan funcionamiento al GPS. Estos sistemas son: El Sistema Satelital, el Sistema de Control Terrestre y el Sistema del Usuario (Copari & Turpo, 2015). Para definir los tres sistemas es necesario saber el funcionamiento del GPS, en donde se explicará donde

interviene cada sistema.

Un GPS funciona mediante triangulación y sistema de ecuaciones para ubicar la señal del receptor. Cada vez que se quiere determinar la ubicación de un receptor, es necesario un mínimo de tres satélites en órbita para realizar la triangulación. Cada uno de los 24 satélites forman una constelación la cual se la denomina NAVSTAR, de los cuales 21 satélites están activos y 3 satélites son de reserva. Este conjunto de satélites es el Sistema Satelital (Copari & Turpo, 2015). Se puede observar una imagen del sistema satelital en la Figura 6:

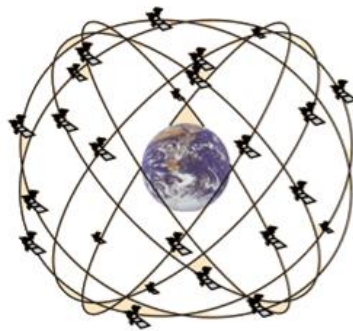


Figura 6: Sistema Satelital compuesto de 24 satélites.

Cada satélite tiene programadas sus rutas de recorrido en la órbita terrestre, y sabe exactamente la posición en la que se encuentra. Estos satélites mandan señales de posición y de reloj al receptor del GPS del usuario, y el receptor sincroniza estas señales a su reloj interno y calcula la distancia que tiene con cada satélite. Esto lo logra calculando la distancia mediante al tiempo que se demora en llegar la señal del satélite. Con las distancias, mediante triangulación, se puede saber dónde está geográficamente el receptor del GPS (Jimenez, 2015).

La triangulación es la intersección de tres circunferencias, donde los radios de las circunferencias son las distancias que se calculan de cada satélite al receptor. Se pone el caso que se tiene el satélite A, B y C que captaron la señal de un GPS usuario y se calcularon las distancias a cada uno. Si se tiene el satélite A en un plano en 2D, y se dibuja una circunferencia

donde el radio de la misma es la distancia del satélite A al receptor, se sabe que el receptor estará en algún punto de esa circunferencia. Si de la misma manera se dibuja una segunda circunferencia alrededor del satélite B utilizando de radio la distancia de este al receptor, la circunferencia de B va a hacer intersección con la circunferencia del satélite A en dos puntos, donde, el receptor GPS estaría en uno de esos puntos de intersección. Utilizando la misma lógica para el satélite C, se obtiene la intersección entre los 3 y se obtiene la ubicación del receptor. Esta teoría se la puede observar en la Figura 7.

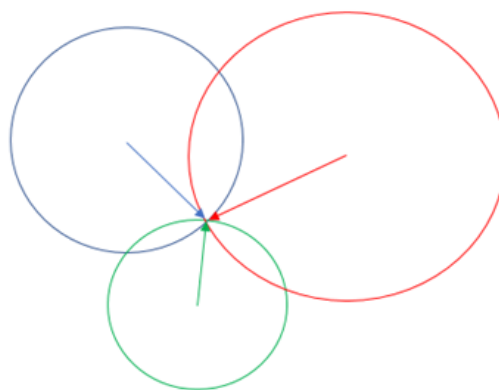


Figura 7: Teoría de triangulación gráfica

Cabe recalcar que esto aplica para nuestra realidad en 3D. En vez de un plano, sería un espacio tridimensional, donde las circunferencias se transforman en esferas. Sin embargo, sigue existiendo la intersección de las esferas y el resultado son dos puntos en vez de uno, donde uno de los puntos estará por fuera de la tierra y el segundo punto dentro de la tierra, por lo que ese sería la ubicación resultante. De esta forma, en este plano tridimensional y ubicando al centro de la tierra en el punto $(0,0,0)$, es como se obtiene el punto exacto de ubicación del receptor transformado a unidades de latitud y longitud (Guillén, Gázquez & Novas, s.f.).

Para obtener la ubicación a tiempo real, se utiliza el mismo sistema, con la diferencia que el cálculo de las distancias y la recepción de las señales de los satélites se lo realiza continuamente para determinar la variación de la ubicación. Todos los receptores GPS, que

transforman estas señales de los satélites en datos de posición y tiempo conforman el Sistema Usuario (Copari & Turpo, 2015).

Por otro lado, existen estaciones físicas o bases creadas para el monitoreo del estado, comportamiento, trayectoria, y cualquier actividad que tenga como objetivo el correcto funcionamiento de los satélites en órbita. Estas estaciones son otros receptores de GPS que rastrea los satélites y reciben datos de cada uno para analizarlos y mantener el control de ellos (Copari & Turpo, 2015). Este conjunto de estaciones físicas conforma el Sistema de Control Terrestre.

Existen varias empresas en el Ecuador que proveen servicio de rastreo de contenedores utilizando GPS. Entre las principales se pueden destacar:

- Nettel: Creada especialmente para brindar e implementar servicios de rastreo de contenedores en el Ecuador. Este servicio se enfoca en la seguridad de los contenedores, para mantener trazabilidad de los mismos y evitar pérdidas y robos. Un cliente que contrate este servicio puede monitorear a tiempo real la ubicación de su producto en movimiento, y las rutas tomadas durante el recorrido. (Nettel, 2016)
- Cotecna: Dedicada especialmente al seguimiento los productos de contenedores en el país de régimen aduanero. Rastrea satelitalmente los contenedores utilizando dispositivos de GPS, y monitorea su ubicación geográfica durante el traslado o las operaciones de tránsito de la cadena de suministro del puerto. Estos dispositivos están especializados para módulos portuarios. (Cotecna 2019)
- GeoTrack: Dedicada al rastreo, trazabilidad y análisis del movimiento de contenedores. Esta empresa aparte de utilizar el sistema de GPS, hace un análisis de las trayectorias que realizan los contenedores, obteniendo datos de velocidad promedio, reportes históricos de ubicaciones y trayectorias con la opción de transformarlas a datos en una planilla de Excel. También provee el servicio de crear zonas geográficas permitidas por el cliente y

crear trazabilidad por si un contenedor sale por fuera de una zona permitida, crear una alerta inmediatamente. Además, este sistema se conecta directamente con el sistema de ECU 911 y de esta forma evitar o reducir el número de siniestros ocurridos proporcionando una seguridad adicional al cliente. (GeoTrack, 2015)

Para los intereses de este manual, se podría utilizar cualquiera de las empresas mencionadas anteriormente, con un previo acuerdo de confidencialidad de datos, pláticas con los directores del puerto y de la empresa que permitan tener acceso a estos datos de rastreo. Como primer punto a recalcar, el puerto como tal no lleva ningún tipo de registro de trazabilidad de trayectoria y movimiento de los contenedores una vez que salen del puerto. El negocio del puerto es cobrar a un cliente por descargar su contenedor de un barco y ponerlo en un camión para llevarlo a su destino. Por lo que una vez que el contenedor sale del puerto, se omite la importancia del destino a dónde se dirige.

Por otro lado, sí existe un lugar donde se puede obtener datos del destino de los contenedores, en Aduanas. La aduana del puerto se encarga de todo el trámite legal para liberar un contenedor extranjero y permitirle el ingreso al país. Todo el trámite legal de aduanas incluye información del cliente que compró el contenido del contenedor y el destino a dónde se dirige el contenedor una vez que salga del puerto. Sin embargo, si se quiere llevar la trazabilidad de por donde se mueven los contenedores hasta llegar a su destino se debe seguir los siguientes pasos:

1. Hablar con la agencia de aduanas del puerto.
2. Obtener datos de los destinos finales de los contenedores que entran al puerto y los clientes principales.
3. Con los datos, se hablará con cada cliente. Esto se debe a que cada cliente es dueño de su contenedor, por lo que es propiedad de ellos para pedir permiso de instalar un dispositivo GPS.

4. Para mayor seguridad del cliente, se puede firmar un acuerdo de confidencialidad de los datos y dar los resultados para fines educativos
5. Una vez que se tiene la aprobación del cliente, se debe generar un tamaño de muestra de la cantidad de contenedores para analizar sus rutas.
6. Una vez con el tamaño de muestra de contenedores, se debe instalar un dispositivo GPS en cada contenedor (esto si es que el cliente no cuenta ya de por sí de este servicio de rastreo satelital).
7. Se asignará un único código a cada contenedor para mantener trazabilidad de este una vez que sale del puerto.
8. Se debe observar el recorrido de cada contenedor una vez que sale del puerto. Se pueden de esta forma obtener datos de: ruta utilizada, tiempos, velocidad, destinos.
9. Generar una tabla de recopilación de datos para ingresar dicha información. Esta tabla puede ser estructurada de la siguiente manera:

Tabla 5. Información obtenida por dispositivos GPS

| | Contenedor Asociado | Ruta Utilizada | Tiempo recorrido | Tiempo de paros | Velocidad | Notas |
|--------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|------------------|----------------------------|
| GPS 1 | Contenedor X1 | Puerto - calle 1 | 30min | 15mi | 60 km/h | Toma intersecc Y con Av. Z |
| | | calle 1 - calle 2 | 45min | 10min | 55 km/h | |
| | | calle 3 - destino | 20min | 1h | 70 km/h | Tráfico en la avenida |
| GPS 2 | Contenedor X2 | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Esta tabla simplemente muestra un modelo de cómo se podría estructurar la

información y los datos que se obtengan de los dispositivos GPS en los camiones. Cada autor puede estructurar sus datos según su conveniencia, sin embargo, los datos de tiempo, ruta, paradas y velocidad son las principales consideraciones que se cree importante registrar para este estudio. Con todos estos datos, al igual que los datos del método de cámaras, se puede hacer un análisis y obtener conclusiones claras del estado de la logística urbana y entender si el movimiento de contenedores dentro de la ciudad de Guayaquil es eficiente.

CONCLUSIONES

Con el estudio previo de (Morales, Seminario, Avilés-Sacoto, Mosquera-Recalde, 2019) sobre la eficiencia portuaria de Guayaquil utilizando la Metodología DEA presentado en la revisión literaria, se obtiene que dentro de los puertos 15 comparados de Latinoamérica incluyendo el Puerto Contecon de Guayaquil, éste resulta eficiente. Entendiendo lo que eso significa se preguntó lo siguiente: Si el puerto es eficiente, ¿qué sucede con el sistema logístico y urbano de Guayaquil? La propuesta del manual presenta los pasos para una primera aproximación para responder esta pregunta y conseguir los datos sobre el movimiento de contenedores que tiene la ciudad, hacia el puerto o dentro de la propia ciudad lo que puede ser usado para una investigación futura.

Los dos métodos propuestos en este trabajo proponen utilizar tecnologías actuales, uso de cámaras y el uso de GPS, para conseguir información del flujo de los contenedores por la ciudad. Estos datos son de suma importancia para proponer mejoras fundamentadas a las empresas privadas y públicas que puedan beneficiarlos, logrando así una mejora significativa que pueda mejorar los costos internos de distribución lo que permite no solo reducir los precios de venta de los bienes, también mejora la competitividad de la ciudad o país en el mercado internacional.

Limitaciones

El método de cámaras utiliza la idea de los nodos para obtener la información, usando cámaras y reconocimiento de imágenes, sin embargo, este método puede requerir mayor precisión en el proceso debido a la necesidad de tener un sistema de reconocimiento de imágenes eficiente. Para un reconocimiento de imágenes eficiente es indispensable el uso de un excelente hardware de cámaras, se necesita internet de las cosas para que estén siempre conectada a la base de datos y lo más importante un programa de inteligencia artificial que sea capaz de identificar y realizar el análisis de imagen por segundo para que determine cuando pasa un camión por cada nodo. La importancia de la precisión del modelo de

inteligencia artificial es muy alta y conseguir un programador o una compañía capaz de desarrollarlo tomará tiempo y dinero.

El segundo método usa la información de los sistemas GPS para la obtención y el manejo de la data ya que estos sistemas son utilizados en la actualidad para monitorear los movimientos de los contenedores de diferentes empresas. La limitación de este método es más por el lado de la negociación con las empresas para que brinden acceso a sus GPS para extraer la información o permitan instalar dispositivos en sus camiones para el monitoreo.

Recomendaciones

Ambos métodos presentan sus dificultades al momento de elegir cual usar, podemos concluir que el método más sencillo y eficiente es el método de GPS por la facilidad de obtener los datos y no se debe programar una inteligencia artificial que analice las imágenes de las cámaras lo que complica la obtención de la información. Para el método GPS se debe obtener el permiso de las empresas para el acceso de los datos lo que es más fácil ya que se debe presentar un proyecto convincente para vender la idea y que nos permita obtener esta información. Además, como recomendaciones para el uso de este manual, se debe tener conocimientos sobre el manejo de este tipo de datos es indispensable para aplicar el análisis debido. También, que después de utilizar el manual y lograr obtener algún cambio dentro del sistema logístico utilizar el estudio DEA en el puerto y en la ciudad para observar el impacto de estos cambios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldas, D., Collantes, S., Reyes, J.P., (2016) *Procesamiento de imágenes con visión artificial para el reconocimiento de placas vehiculares*. Universidad Técnica de Ambato. DOI: 10.32645/13906925.15
- Anderson, S., Allen, J., Browne, M. (2005). *Urban Logistics -- how can it meet policy makers' sustainability objectives?*. *Journal of Transport Geography*. doi:10.1016/j.jtrangeo.2004.11.002
- Boussofiane, A., Dyson, R. G., & Thanassoulis, E. (1991). Applied data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 52(1), 1–15. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(91\)90331-O](https://doi.org/10.1016/0377-2217(91)90331-O)
- Campos Pires, G. (2016). *ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE TERMINAIS DE CONTÊINERES USANDO O MÉTODO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)*. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA.
- Cepal, (2019). *Gestión de datos de la investigación*. recuperado el 10 de octubre desde : <https://biblioguias.cepal.org/c.php?g=495473&p=4398114>
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, (2), 429–444. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Cooper, W. W., Seiford, L., & Tone, K. (2007). *Data Envelopment Analysis* (2nd ed.). Springer.
- Copari, F. & Turpo, F. (2015) Análisis e implementación de un sistema de geolocalización, monitoreo, y control de vehículos automotrices basado en

protocolos GPS/GSM/GPRS para la ciudad de Puno. Recuperado de:
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2016/Copari_Romero_Fredy_Gonzalo_Turpo_Ticona_Fredy.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cotecna (2019) Soluciones Portuarias Recuperado de:

<https://www.cotecna.com/es/servicios/gobierno/soluciones-portuarias>

Cui, J., Dodson, J., Hall, P. (2015). *Planning for Urban Freight Transport: An Overview*.

Routledge, Taylor & Francis Group. DOI: 10.1080/01441647.2015.1038666

Cullinane, K, Song, D., Ji, P., & Wang, T. (2004). An Application of DEA Windows Analysis to Container Port Production Efficiency. *The Review of Network Economics*, 3(2), 184–206.

Doerr, O. (2014). *Asset productivity at container terminals in Latin America and the Caribbean : 2005-2013*. 13.

Ducruet, C., & Lee, S. W. (2006). Frontline soldiers of globalisation: Port-city evolution and regional competition. *GeoJournal*, 67(2), 107–122.

<https://doi.org/10.1007/s10708-006-9037-9>

Dwarakish, G. S., & Salim, A. M. (2015). *Review on the Role of Ports in the Development of a Nation*. *Aquatic Procedia*, 4(Icwrcoe), 295–301.

<https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.040>

ECLAC. (2019). Ports Ranking. The top 20 in Latin America and the Caribbean in 2018.

Recuperado desde:

<https://www.cepal.org/en/infographics/ports-activity-2018-top-20-ports-latin-america-and-caribbean>

Eichengreen, B. (2019). *La última década y el futuro de la economía global*. BBVA

OpenMinded. recuperado el 28 de agosto de 2019 desde:

<https://www.bbvaopenmind.com/articulos/la-ultima-decada-y-el-futuro-de-la-economia-global/>

El Telégrafo. (2013, August 9). *83,95% de la carga pasa por Guayaquil*. Retrieved from

<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/8395-de-la-carga-pasa-por-guayaquil>

GeoTraGuillén, F., Gázquez, J. & Novas, N. (s.f.) Cálculo del mapa de cobertura de una

red de repetidores híbridos utilizando un vehículo móvil y GPS. IASK Proceedings.

Recuperado de:

https://www.researchgate.net/profile/Nuria_Novas/publication/275715526_Sistemas_de_monitorizacion_medica_por_radiofrecuencia_mediante_sensores_biomedicos_e_integracion_en_redes_inalambricas_heterogeneas/links/589dc29445851598bab410ac/Sistemas-de-monitorizacion-medica-por-radiofrecuencia-mediante-sensores-biomedicos-e-integracion-en-redes-inalambricas-heterogeneas.pdf

GeoTrack (2015) Seguridad y Monitoreo de Contenedores. Recuperado de: <https://geotrack.com/productos/geotainer.html>

ISO (1995). *ISO 6346 Freight containers -- Coding, Identification and marking*.

International Organization for Standardization. Recuperado el 25 de septiembre

el 2019 desde: https://iskt.ylp.spb.ru/Insructions/ISO_6346_1995.pdf

Jimenez, F. (2015) Rastreo Satelital y Bloqueo Remoto Automotriz en base a Equipo

GPS. La Paz. Recuperado de:

<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/11476/P-1564-Jimenez%20Soto%2c%20Flavio%20David.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Leung, A., Burke, M. I., & Yen, B. T. H. (2016). *Oil vulnerability of Australian capital cities: A pilot study using Data Envelopment Analysis (DEA) for vulnerability benchmarking*. (December). Retrieved from <http://www.atrf.info>

López, D. (2013). *Urbanismo*. recuperado el 17 de septiembre del 2019 desde: <http://urb1-danielalopez.blogspot.com/2013/02/estructura-urbana.html>

López, A., Dalence, T., Prado, J., (2013). *Manual sobre control de contenedores*. Secretaría General de la Comunidad Andina. Recuperado el 25 de septiembre de 2019 desde: <http://www.comunidadandina.org/DS/Manual%20Contenedores.pdf>

López, K. (2019). *El puerto de Rotterdam la primera misión de contenedores inteligentes*. CAMAE. Recuperado el 7 de octubre de 2019 desde: <http://www.camae.org/comercio-exterior/el-puerto-de-rotterdam-lanza-la-primera-mision-de-contenedores-inteligentes/>

Lu, B., & Wang, S. (2017). *Container Port Production and Management*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-10-2428-3>

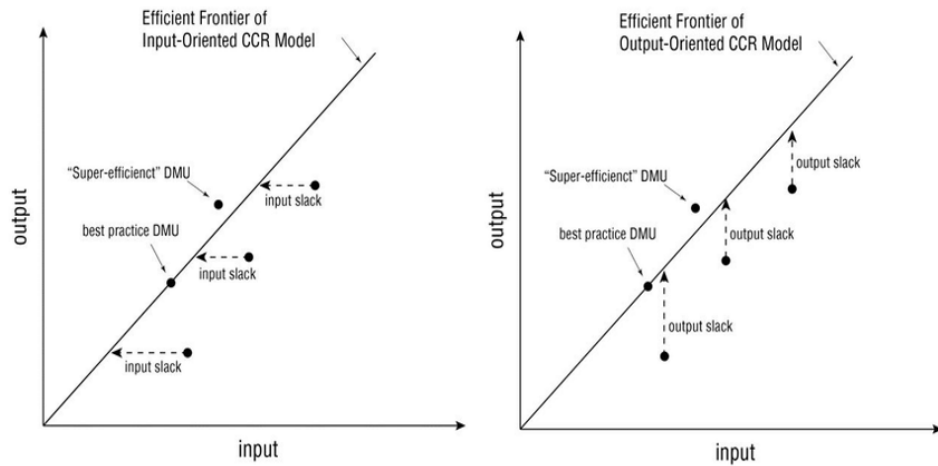
Morales, E., Seminario, X., Avilés-Sacoto, S., Mosquera, G. (2019). *A DEA Analysis in Latin-American Ports: Measuring the performance of Guayaquil Contecon Port*.

Moreno, C. (2015) Desarrollo del Modelo de Evaluación de Ciudades basado en el concepto de ciudad inteligente. Madrid

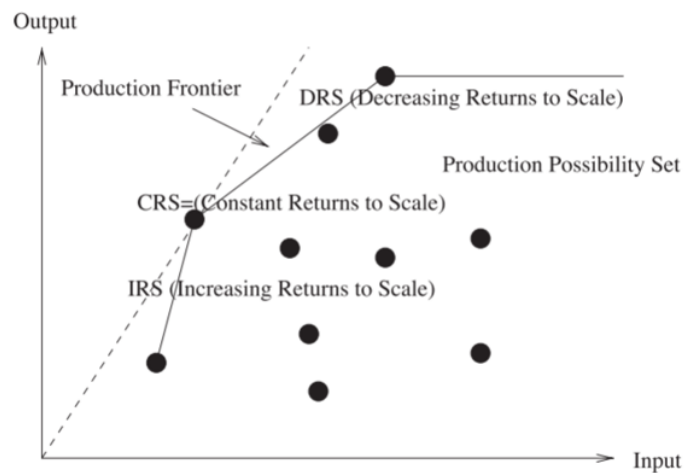
- Munisamy, S., & Jun, O. B. (2013). *Efficiency of Latin American Container Seaports using DEA*. Proceedings of 3rd Asia-Pacific Business Research Conference, (febrero), 17.
- Nettel (2016) Servicio de protección de contenedores con barra satelital. Recuperado de: <http://www.nettelcorp.net/opcion-2/espera-2>
- Rodrigue, J.-P., Comtois, C., & Slack, B. (2017). *The geography of transport systems* (fourth). New York: Routledge, Taylor & Francis Group.
- Shetty, R., Cáceres, R., Pastrana, J., Rabelo, L., (2012). *Optical Container Code Recognition and its Impact on the Maritime Supply Chain*. Proceedings of the 2012 Industrial and Systems Engineering Research Conference. recuperado el 25 de septiembre desde:
<https://pdfs.semanticscholar.org/7841/7b82f6fb394674cf83b8f2c73f3c83cac1aa.pdf>
- Wayne K., T. (2018). Port Economics. In *Port Economics*.
<https://doi.org/10.4324/9781315667720>
- Wang, X., Li, Z., Cui, Y. (2016). *Urban Logistic under the Internet*. WHICEB 2016.
Recuperado el 22 de septiembre de: <https://aisel.aisnet.org/whiceb2016/46>
- Zenglin, H., Xiaopeng, A., Li, W., Chengjin, W., Lihua, W., Yajun, L., (2002).
Distribution and Optimization of Container Transportation Network in China. China National Knowledge Infrastructure. Recuperado el 19 de septiembre de 2019 desde: http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotol-DLXB200204012.htm

ANEXOS

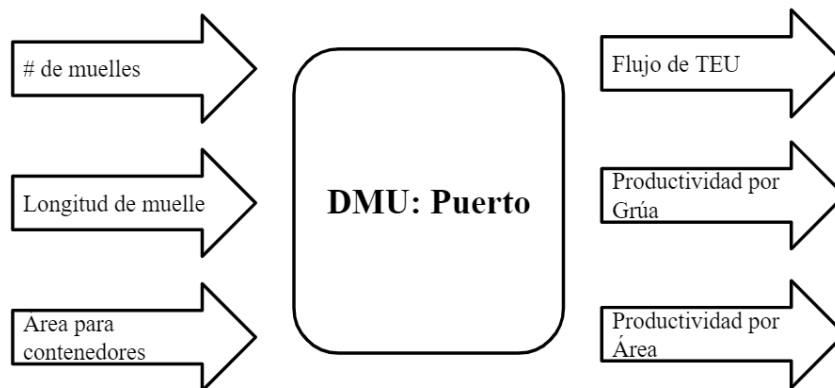
Anexo 1. Frontera de eficiencia para el modelo CCR (Leung et al., 2016)



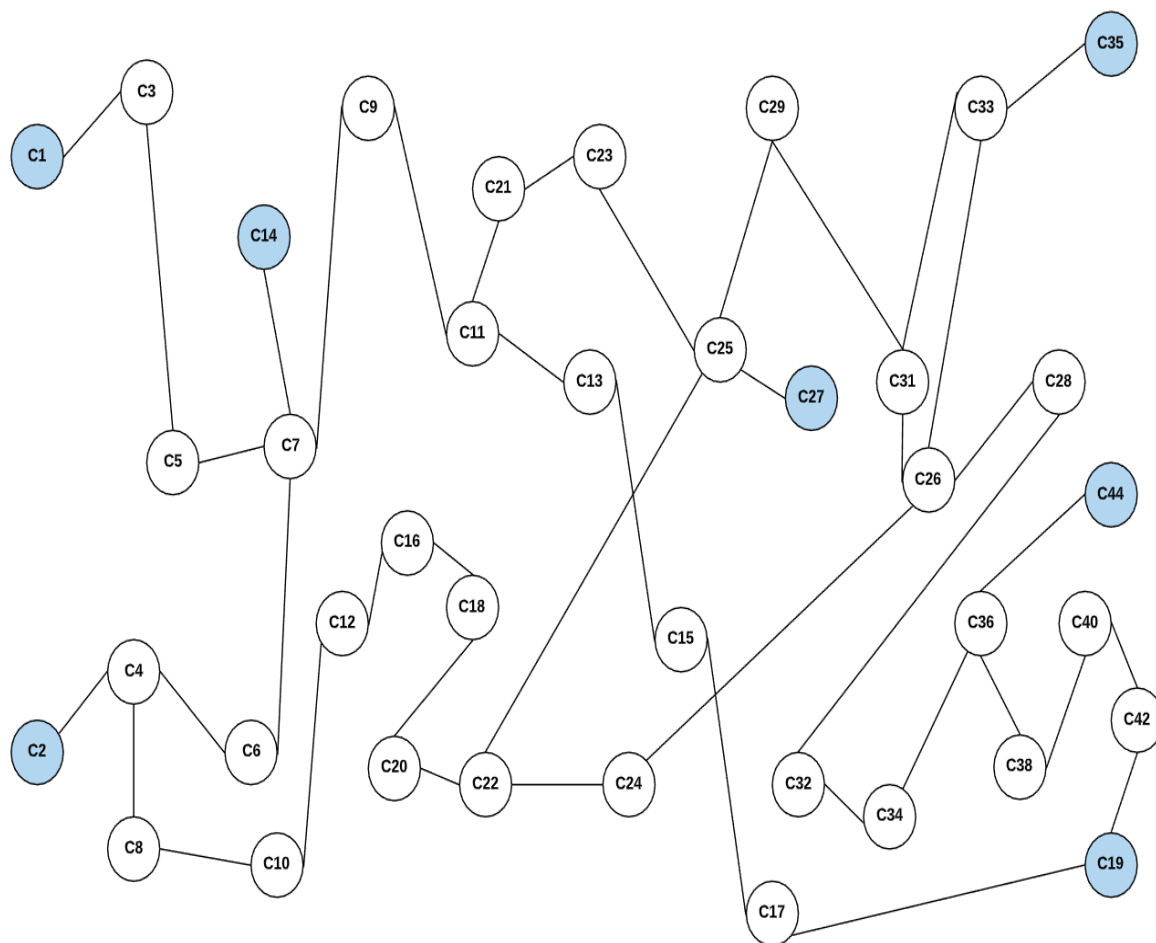
Anexo 2. Frontera de eficiencia modelo BCC (Cooper, et.al., 2007)



Anexo 3. Modelo utilizado para el cálculo DEA (Morales & Seminario, 2019)



Anexo 4. Mapa de nodos para rutas de Guayaquil



Anexo 5. Información Vehicular

| Apellidos | Nombres | C.C. / Pasaporte | Dirección | Residencia | Teléfono | Clase Transporte |
|-----------|---------|------------------|-----------|------------|----------|------------------|
| | | | | | | |

| Operadora Trans | Tipo de transporte | Avaluo | Total Matricula | No. Titulo habilitante | Ambito |
|-----------------|--------------------|--------|-----------------|------------------------|--------|
| | | | | | |

| Numero Especie | Placa Actual | Placa Anterior | Fecha Matrícula | Marca | Clase | Tipo |
|----------------|--------------|----------------|-----------------|-------|-------|------|
| | | | | | | |

| Chasis | Carr. | Comsu | Pasaj | Tonelaje | observación | Caduca | Cilindraje |
|--------|-------|-------|-------|----------|-------------|--------|------------|
| | | | | | | | |

| Año Fab. | Modelo | País Origen | Motor | Color | Color 2 |
|----------|--------|-------------|-------|-------|---------|
| | | | | | |