

---

**Diseño de ruta para minimizar el tiempo de la toma de lectura de los medidores de agua en Chimbote para la empresa SEDACHIMBOTE S.A.****Path design to minimize take time reading water meters in Chimbote for the company SEDACHIMBOTE S.A.****Projeto caminho para minimizar o tempo de take leitura dos hidrômetros em Chimbote para a empresa SEDACHIMBOTE S.A.**

**Ayrton Felix Carbajal Hidalgo<sup>1</sup>, Elías Gutiérrez Pesantes<sup>1</sup>, Wilfredo Quiroz Marquina<sup>1</sup>, Humberto Chávez Milla<sup>1</sup>.**

---

**Resumen**

La presente investigación tiene como objetivo aplicar el diseño de ruta para minimizar el tiempo de la toma de lectura de los medidores de agua en Chimbote para la empresa SEDACHIMBOTE S.A. Se aplicó el diseño de ruta mediante el programa WinQSB, donde se integró una secuencia de distancias para la cual se pudo identificar con la plataforma del AutoCAD en el plano de Chimbote las ubicaciones de cada medidor. Se logró detectar una amplia demora en el recorrido realizado por los lecturistas al momento de trasladarse de acuerdo a su ruta para las visitas en los predios. El tiempo de operación total obtenido mediante la supervisión de campo ascienden a los 11021.5 segundos equivalente a 3.06 horas de los cuales la mayor parte es el traslado a ruta con 8025 segundos equivalente a 2.23 horas para el A.H. San Juan de Chimbote, donde se registraban 65 medidores, lo cual al observar y analizar el traslado que realizaban se percató de los movimientos repetitivos realizados lo cual conllevaba al exceso de tiempo tomado, se optó por la elaboración de un programa matemático para el Problema del Agente Viajero que obedecía al objetivo de los parámetros requeridos en cuanto a las distancias. La utilización de dicho programa nos ayudó a determinar la nueva secuencia de puntos que se debe respetar para así optimizar el tiempo teniendo un alcance máximo de los predios; de esa manera se realizó la simulación del programa teniendo como resultado positivo una distancia menor a la usual, con tiempo de 5186 segundos equivalente a 1.44 horas, reduciendo así en un 35.38% aproximadamente el tiempo equivalente, lo que representa la mejora la eficiencia del proceso y por ende la productividad.

**Palabras clave:** *Diseño de ruta, tiempo de la toma de lectura, distancia, lectura, medidor, eficiencia, productividad.*

**Abstract**

This research aims to apply the design to minimize the route take time reading water meters in Chimbote for the company SEDACHIMBOTE S.A. Route design was applied by WinQSB program, where a sequence of distances for which was identified with the platform in the plane of AutoCAD Chimbote locations each integrated meter. It was possible to detect a large delay in the distance traveled by the meter readers when moving according to their route for visitors on the premises. The total operating time obtained by monitoring the field amounted to 11021.5 seconds equivalent to 3.06 hours of which the majority is the route transfer to 8025 seconds equivalent to 2.23 hours for the AH San Juan de Chimbote where 65 meters were recorded, which to observe and analyze the movement that carried noticed repetitive movements made which entailed the excessive time taken, it was decided to develop a mathematical program for Salesman Problem traveler obeyed the objective of the required parameters concerning distances. The use of this program helped us determine the new sequence of points to be observed in order to optimize the time to have a maximum range of holdings, thus simulating the program was having a positive result a shorter distance to the usual with time 5186 seconds equivalent to 1.44 hours, thus reducing a 35.38% approximately equivalent time representing improving process efficiency and therefore productivity.

**Keywords:** *Design route, take time reading distance, reading, meter, efficiency, productivity.*

**Resumo**

Esta pesquisa tem como objetivo aplicar o design para minimizar o tempo de percurso take leitura dos hidrômetros em Chimbote para a empresa Sedachimbote SA Design Rota foi aplicada pelo programa WinQSB,

em que uma sequência de distâncias para os quais foi identificado com a plataforma no plano de locais AutoCAD Chimbote Cada medidor integrado. Foi possível detectar uma grande demora na distância percorrida pelos leitores do medidor quando se desloca de acordo com o seu percurso para os visitantes no local. O tempo de funcionamento total obtida através da monitorização do campo ascendeu a 11021.5 segundos equivalentes a 3,06 horas, das quais a maioria é a transferência de rota para 8025 segundos equivalente a 2,23 horas para o AH San Juan de Chimbote, onde foram registrados 65 metros, o que observar e analisar o movimento que levou a movimentos repetitivos realizados notado que implicou o tempo excessivo necessário, foi decidido desenvolver um programa de matemática para o Problema do Caixeiro viajante obedecido o objectivo de os parâmetros necessários relativos distâncias. A utilização deste programa nos ajudou a determinar a nova sequência de pontos que devem ser observados a fim de otimizar o tempo para ter um alcance máximo de explorações, simulando o programa estava a ter um resultado positivo uma distância menor do habitual com o tempo 5186 segundos equivalente a 1,44 horas, reduzindo, assim, um tempo de cerca de 35,38% equivalente representando melhorar a eficiência do processo e, portanto, a produtividade.

**Palavras-chave:** *percurso projeto, ter tempo de ler à distância, leitura, medidor, eficiência, produtividade*

## **Introducción**

La mayoría de las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) del Perú afrontan serias limitaciones económicas, que no les permiten desarrollarse empresarialmente ni ofrecer un servicio con altos estándares de calidad a los usuarios. Normalmente, los ingresos no cubren todos los costos de la EPS y menos sus inversiones. La causa de ello es la baja recaudación. Los factores que inciden en la baja recaudación se pueden agrupar en dos rubros: La baja facturación con respecto al consumo real del agua potable, el uso que realizan los usuarios del recurso hídrico y el bajo porcentaje de la cobranza de esta facturación.

No es común ver que las EPS tengan herramientas informáticas que ayuden a analizar los datos almacenados, monitorear la evolución del consumo, generar reportes de control o determinar falencias en los procesos, por lo tanto, tomar buenas decisiones de gestión.

Con la finalidad de disminuir este problema, GTZ/PROAGUA propone un conjunto de medidas de gestión comercial para elevar recaudaciones de la EPS sin necesidad de grandes inversiones. Una de estas medidas es la optimización de los volúmenes facturados por medición sean los más cercanos posibles a los consumos realizados por los usuarios.

Según la Norma del Centro de Lectura de SEDAPAL el ciclo comercial de la Empresa está compuesto por los módulos de lectura, facturación y cobro; siendo la lectura el primer proceso del ciclo comercial, y como tal debe resaltarse la mayor importancia ya que constituye la base primordial para el proceso general, su cometido principal es obtener las lecturas de todos los suministros. Los datos capturados serán la entrada para el proceso de facturación que será el siguiente en la cadena del ciclo comercial.

Dentro de los procesos operativos más relevantes de la empresa SEDACHIMBOTE S.A. se encuentra la lectura de los consumos. Un adecuado registro de los consumos permite un correcto cobro a los clientes, y de esa forma generar los ingresos que mantienen la rentabilidad esperada. Por lo anterior, cualquier mejora en el proceso de registro de los consumos tendrá beneficios directos para la empresa, ya sea por reducción de costos, mejoras en el cobro y/o mejoras en la satisfacción de sus clientes. Para registrar los consumos de sus clientes, la empresa dispone de 20 personas denominados “lecturistas” y la trayectoria que recorren durante una jornada laboral que consiste en 10 horas/día. En general, las rutas de lectura se agrupan en ciclos mensuales, quincenales, semanales o diarios para efectos de facturar los consumos; debido a la cantidad registrada de los medidores de agua en la ciudad de Chimbote, se realizan ciclos diarios, es decir todos los días hábiles se realiza lectura.

Actualmente la empresa en mención, sólo llega aproximadamente a un 85.8% en promedio de satisfacción bajo reportes durante este último año, por retrasos en el proceso productivo causados por las actividades del personal que labora en el campo realizando la toma de lectura de los medidores de agua, ya sea esto por un inadecuado registro de consumos, amplia demora en el desplazamiento entre

los predios asignados, deficiencia sobre la carga de trabajo brindada generando mala imagen corporativa.

El proceso de toma de lectura es imprescindible e indispensable debido a que es la base de un exhaustivo control de los consumos registrados, dicha actividad es realizada de forma empírica por los trabajadores de campo los cuales no mantienen un orden secuencial de visitas generando recorridos repetitivos lo cual indica volver a pasar por un tramo ya recorrido; en una zona se llegó a analizar un desplazamiento de 2 a 3 km. que expresado en tiempo sería de 50 a 60 min. aproximadamente, sin contabilizar algún tiempo muerto que un trabajador pueda realizar en ausencia de los inspectores, sabiendo que Chimbote comprende de cinco (5) sectores con un total de 99 zonas, 15 zonas en el sector uno (1), 30 en el sector dos (2), 14 en el sector tres (3), 13 en el sector cuatro (4) y 27 en el sector cinco (5) aproximadamente; determinó el conocimiento y preocupación de la mala gestión que vienen realizando los lecturistas.

Por esta razón se pretende ayudar a la empresa SEDACHIMBOTE S.A., porque de seguir así, la empresa podría disminuir su imagen institucional, generar gastos excesivos lo cual perjudicaría netamente a la rentabilidad y por esa razón aplicando el diseño de ruta se podrá reducir dichos tiempos y en consecuencia mejorar la imagen de la empresa.

La Investigación de Operaciones (IO) es la aplicación, por grupos interdisciplinarios, del método científico o problema relacionados con el control de las organizaciones o sistemas a fin de que se produzcan soluciones que mejor sirvan a los objetivos de toda la organización (Prawda, 2004).

Según (Arya, 2009), la programación lineal, básicamente permite definir un modelo matemático que optimiza la función objetivo en términos de maximizar/minimizar el resultado. En (Chase, y otros, 2007) se explica como el producto de la relación y los alcances/restricciones de las variables consideradas en el modelo propuesto para resolver. Entre los siglos XVII y XVIII, se comenzó a cimentar lo que sería los inicios de la programación lineal, grandes estudiosos de las matemáticas dentro de los cuales se destaca Newton, siempre estuvieron interesados en la solución de funciones con condicionales; pero fue el matemático Jean Baptiste Joseph Fourier (1768 – 1830) quien delinearía lo que hoy conocemos como programación lineal, y su potente aplicación.

Koopmans y Kantorovitch, entre los años 1941 y 1942 plantean el primer problema del transporte soportado en el modelo de la programación lineal. Este avance marca a partir de entonces el desarrollo vertiginoso de este modelo matemático, en muchos campos de aplicación.

La aplicación de la programación lineal (PL) permite resolver muchos de los problemas que se enfrentan en la investigación de operaciones. Esta herramienta matemática desde la 2da. guerra mundial tuvo sus primeras aplicaciones para optimizar el transporte de suministros y pertrechos a las líneas de guerra/batalla, dando excelentes resultados para los países que la aplicaron (Arya, 2009). Comenta que luego esta técnica fue extendida al campo industrial. Dentro de la programación lineal, por su versatilidad para la resolución y obtención del resultado, destaca el algoritmo simplex para aplicar a los problemas de distribución y transporte. También se destaca su aplicación en campos como: Gestión de inventarios, asignación de recursos humanos, asignación recursos de máquinas.

En esencia, la naturaleza de la organización es irrelevante, por lo cual la IO ha sido aplicada de manera extensa en áreas tan diversas como manufactura, servicios públicos y planificación de rutas (Hillier, 2010).

Willemain (Insights on Modeling from a Dozen Experts, 1994) aconseja que “la práctica efectiva de la investigación de operaciones requiere algo más que la competencia analítica. También requiere, entre otros atributos, el juicio (por ejemplo, cuándo y cómo usar determinada técnica) y la destreza técnica en comunicaciones y en supervivencia organizacional”.

Según (Taha, 2012) en la IO no se cuenta con una técnica general única para resolver todos los modelos que puedan surgir en la práctica. En su lugar, el tipo y complejidad del modelo matemático determina la naturaleza del método de solución.

La técnica de IO más importante es la programación lineal. Está diseñada para modelos con funciones objetivo y restricciones lineales. Otras técnicas incluyen la programación entera (en las cual las

variables asumen valores enteros), la programación dinámica (en la cual el modelo original puede descomponerse en subproblemas más pequeños y manejables), la programación de red (en la cual el problema puede modelarse como una red) y la programación no lineal (en la cual las funciones del modelo son no lineales). Éstas son solo algunas de las muchas herramientas de IO con que se cuenta.

Una peculiaridad de la mayoría de las técnicas de IO es que, por lo general, las soluciones no se obtienen en formas cerradas (como si fueran fórmulas), sino que más bien se determinan mediante algoritmos. Un algoritmo proporciona reglas fijas de cálculo que se aplican en forma repetitiva al problema, y cada repetición (llamada iteración) acerca la solución a lo óptimo. Como los cálculos asociados con cada iteración suelen ser tediosos y voluminosos, es recomendable que estos algoritmos se ejecuten con la computadora.

Algunos modelos matemáticos pueden ser tan complejos que es imposible resolverlos con cualquiera de los algoritmos de optimización disponibles. En esos casos quizá sea necesario abandonar la búsqueda de la solución óptima y simplemente buscar una buena solución aplicando la heurística, y la meta heurística, o bien reglas empíricas.

Según (Carro, 2009) se llama programación lineal al conjunto de técnicas matemáticas que pretenden resolver la situación siguiente: Optimizar (maximizar o minimizar) una función objetivo, función lineal de varias variables, sujeta a una serie de restricciones, expresadas por inequaciones lineales

Según (Kanawaty, 1996). El estudio del trabajo es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando.

Por tanto, el estudio del trabajo tiene por objeto examinar de qué manera se está realizando una actividad, simplificar o modificar el método operativo para reducir el trabajo innecesario o excesivo, o el uso antieconómico de recursos, y fijar el tiempo normal para la realización de esa actividad. Si gracias al estudio del trabajo se reduce el tiempo de la realización de cierta actividad en un 20 por ciento, simplemente como resultado de una nueva ordenación o simplificación del método de producción y sin gastos adicionales, la productividad aumentará en un valor correspondiente, es decir, en un 20 por ciento. Para captar cómo el estudio del trabajo reduce los costos y el tiempo que se tarda en cierta actividad, es necesario examinar más detenidamente en qué consiste ese tiempo.

El estudio del trabajo se compone, a su vez, de dos conceptos fundamentales: El estudio de métodos y la medida de trabajo. Ambos están estrechamente ligados entre sí. El estudio de métodos se usa para reducir el contenido del trabajo de la tarea u operación, mientras que la medida del trabajo sirve sobre todo para investigar y reducir el tiempo improductivo y para fijar después las normas de tiempo de la operación cuando se efectúe en la forma perfeccionada ideada gracias al estudio de métodos.

(Niebel, 2009) Para desarrollar el centro de trabajo eficiente, con es el establecimiento de estándares de tiempo, estos pueden determinarse mediante el uso de las estimaciones, registros históricos y procedimientos de medición del trabajo. En el pasado, los analistas confiaban más en las estimaciones como un medio de establecer estándares. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que ningún individuo puede establecer estándares consistentes y justos solo con ver un trabajo y juzgar el tiempo requerido para terminarlo.

(Caso, 2006) La medición del trabajo, es una técnica empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida o estudio de tiempos. Esta actividad comprende la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para que una persona calificada y convenientemente adiestrada realice tareas u operaciones de trabajo determinado, con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga, las demoras personales y los retrasos individuales. El estudio de tiempo tiene varias técnicas que se utilizan para establecer un estándar: El estudio de tiempo con instrumento, muestreo de trabajo, estimación estructurada, normas de tiempo predeterminadas.

## Materiales y métodos

Se utilizó la metodología Pre – Experimental. El diseño supone tres momentos, el primero una medición previa a la variable dependiente a ser estudiada, luego la aplicación de la variable independiente (Diseño de ruta) y por último realizar una nueva medición de la variable dependiente, siguiendo el siguiente esquema (O1 -> X -> O2) Donde: O1= Diseño de ruta, X= Tratamiento y O2 = El tiempo de la toma de lectura. Para la población se considerarán las tomas de lectura de los medidores de agua en Chimbote, como muestra las tomas de lectura de los medidores de agua en Chimbote del año 2015 y el muestreo es No Probabilístico, debido a que son seleccionados aleatoriamente a criterio personal e intencional del investigador.

## Resultados

El método actual en la toma de lectura comienza en la Oficina Central de SEDACHIMBOTE S.A., con la recepción del listado, la cual constituye un conjunto de predios en determinado sector de la población que deben ser visitados para el correspondiente registro de sus medidores de agua, Enseguida son desplazados hacia la primera vivienda que los lecturistas creen pertinente; una vez situados en la parte externa de la fachada verifican si la dirección corresponde a su área de trabajo que deben recorrer, inmediatamente ejecutan la primera operación del proceso la cual es el levantamiento de la tapa de la caja del medidor la cual se ubica en el centro de la vereda, ya efectuado ese proceso confirman el estado del medidor de agua para continuar con su limpieza (mayormente son encontrados con polvo lo cual interrumpe la visión de los dígitos y son sacados con la palma de las manos), ya visible registran la lectura de la vivienda correspondiente en el listado entregado al inicio, concluido este proceso es cerrado la tapa de caja teniendo como resultado final la lectura del medidor; y para continuar su jornada laboral siguen con trasladarse hacia el siguiente predio y así sucesivamente hasta llegar al último predio. A continuación se muestra el *Gráfico N° 01* detallando el proceso de la toma de lectura de los medidores de agua, así mismo en la *Tabla N° 04* el resumen de actividades con sus determinados tiempos y en el caso del traslado con su determinada distancia, donde hacemos hincapié; ya que es la de mayor importancia debido al rol que cumple durante todo el recorrido que se debe realizar y es en donde más énfasis se debe prestar. Según el análisis se determina que para tomar lectura de un punto a otro se recorre 15 metros durante 15 segundos, donde se concluye que por cada tramo de metro recorrido constituye 1 segundo de tiempo consumido y este solo es en caso de pertenecer a una manzana del sector, en caso de terminar con la lectura de toda la manzana hay factores que inciden en un mayor recorrido en el caso que debe cruzar pistas con mayor longitud, a la vez esperar el cambio del semáforo, obras en pistas y/o veredas donde beneficia el atraso del traslado y por ende mayor consumo de tiempo.

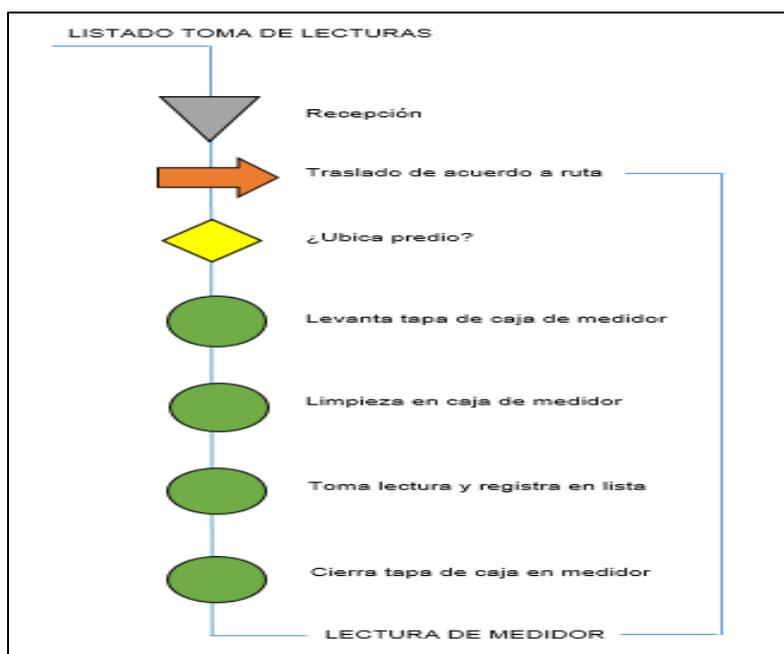


Gráfico N° 01: Diagrama de flujo para la toma de lectura

Tabla N° 04: Resumen de actividades

RESUMEN DE ACTIVIDADES			
ACTIVIDAD	N°	TIEMPO (S)	DISTANCIA (M)
	4	50	-
	1	10	-
	1	15	15
	1	10	-

Se realizó un cronometraje de tiempos a los 20 trabajadores de la empresa SEDACHIMBOTE S.A. tal y como se muestra en la Tabla N° 05 de los diferentes procesos que se realiza para la toma de lectura, y notamos que en todas las mediciones de tiempo el traslado de acuerdo a ruta obtiene mayor puntuación en comparación a los demás procesos; eso nos indica que si mientras más reducimos el tiempo recorrido de los lecturistas mayor beneficio generará la empresa logrando optimizar sus procesos y de esa manera consolidar los días de ejecución de la toma de lectura.

Tabla N° 05: Toma de tiempos iniciales

OPERACIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	t
LEVANTA TAPA DE CAJA EN MEDIDOR	12	13	13	10	8	8	11	15	14	7	14	10	13	9	13	12	11	12	10	8	11	10	12	10	11	10	13	9	7	11	10,90
LIMPIEZA EN CAJA DE MEDIDOR	5	11	13	15	8	12	9	11	13	10	14	7	8	8	10	13	9	11	12	11	10	9	7	14	13	10	8	13	8	12	10,47
TOMA LECTURA Y REGISTRA EN LISTA	17	13	12	15	14	13	12	15	11	15	10	12	15	11	14	14	13	12	15	16	11	13	17	18	15	12	13	14	15	14	13,70
CIERRA TAPA DE CAJA EN MEDIDOR	13	8	9	11	12	11	7	15	9	12	8	13	14	14	10	10	8	9	10	13	12	14	11	13	15	10	11	10	9	10	11,03
TRASLADO DE ACUERDO A RUTA	20	16	15	16	15	17	16	23	25	33	30	14	19	18	17	18	20	24	18	20	16	18	22	20	17	14	16	16	19	21	19,10

Una vez realizada la medición de tiempos mostrados anteriormente obtenemos como resultado el tiempo promedio por cada proceso (levantar tapa de caja en medidor 10.90 seg, limpieza en caja de medidor 10.47 seg, toma de lectura y registra en lista 13.70 seg, cierre tapa de caja en medidor 11.03 y traslado de acuerdo a ruta 19.19 seg.) y de igual manera el tiempo estándar mostrados en el Gráfico N° 02 por cada proceso (levantar tapa de caja en medidor 2.12 seg, limpieza en caja de medidor 2.47 seg, toma de lectura y registra en lista 1.95 seg, cierre tapa de caja en medidor 2.22 y traslado de acuerdo a ruta 4.40 seg.)

Para el cálculo del tiempo estándar, es necesario sumar las lecturas que han sido consideradas como consistentes, además se anota el número de lecturas consideradas para cada elemento como consistentes (LC) como en la Tabla N° 06.

Tabla N° 06: Lecturas consistentes

OPERACIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	SUMA	LC
LEVANTA TAPA DE CAJA EN MEDIDOR	12	13	13	10	8	8	11	15	14	7	14	10	13	9	13	12	11	12	10	8	11	10	12	10	11	10	13	9	7	11	312,00	29
LIMPIEZA EN CAJA DE MEDIDOR	5	11	13	15	8	12	9	11	13	10	14	7	8	8	10	13	9	11	12	11	10	9	7	14	13	10	8	13	8	12	309,00	29
TOMA LECTURA Y REGISTRA EN LISTA	17	13	12	15	14	13	12	15	11	15	10	12	15	11	14	14	13	12	15	16	11	13	17	18	15	12	13	14	15	14	393,00	29
CIERRA TAPA DE CAJA EN MEDIDOR	13	8	9	11	12	11	7	15	9	12	8	13	14	14	10	10	8	9	10	13	12	14	11	13	15	10	11	10	9	10	316,00	29
TRASLADO DE ACUERDO A RUTA	20	16	15	16	15	17	16	23	25	33	30	14	19	18	17	18	20	24	18	20	16	18	22	20	17	14	16	16	19	21	510,00	28

Luego se divide para cada elemento las sumas de las lecturas, entre el número de lecturas consideradas: el resultado es el tiempo promedio por elemento (Te = Tiempo promedio por elemento)

$$Te = \frac{\sum Xi}{LC} = \frac{312}{29} = 10.76$$

$$Te = \frac{\sum Xi}{LC} = \frac{309}{29} = 10.65$$

$$Te = \frac{\sum Xi}{LC} = \frac{393}{29} = 13.55$$

$$Te = \frac{\sum Xi}{LC} = \frac{316}{29} = 10.89$$

$$Te = \frac{\sum Xi}{LC} = \frac{510}{28} = 18.21$$

En caso de haberse determinado una valoración para cada elemento, se procederá así para cada elemento ( $T_n$  = Tiempo normal). Asumimos un ritmo de trabajo equivalente al 90%.

$$T_n = Te \times \frac{\text{Valor Atribuido}}{\text{Valor Estándar}}$$

$$T_n = 10.76 \times \frac{90}{100} \cong 9.68$$

$$T_n = 10.65 \times \frac{90}{100} \cong 9.59$$

$$T_n = 13.55 \times \frac{90}{100} \cong 12.19$$

$$T_n = 10.89 \times \frac{90}{100} \cong 9.80$$

$$T_n = 18.21 \times \frac{90}{100} \cong 16.39$$

En la *Tabla N° 07* se muestra los indicadores de las operaciones con sus respectivos tiempos promedios, el total de medidores de agua al cual se realizará el recorrido será de 65, ello consiste del total de viviendas que se abastecen de agua y se encuentran con estado activo; así mismo se realiza la multiplicación del tiempo promedio con el total de medidores obteniendo como producto el tiempo promedio total de cada uno, ya obtenido esos resultados procedemos con la sustracción de los cuatros procesos teniendo como tiempo de operación total 2996,5 s. En la *Tabla N° 08* se muestra el traslado de acuerdo ruta la cual se obtuvo como distancia total recorrida de todos los medidores 8025 min. (Éste dato se efectuó con el programa AutoCAD 2012 mediante el comando “dist” y la opción “multiple points” en el AH. San Juan de Chimbote mostrado en el *Gráfico N° 02*) y como tiempo de operación total aproximadamente 8025 s. En la *Tabla N° 09* tenemos el tiempo total de toda la jornada laboral que representa 11021,5 s. equivalente a 3.06 horas aproximadamente.

*Tabla N° 07: Tiempo de operación*

OPERACIÓN	TIEMPO PROMEDIO (s)	TOTAL MEDIDORES	TIEMPO PROMEDIO TOTAL (s)	TIEMPO OPERACIÓN TOTAL (s)
LEVANTA TAPA DE CAJA EN MEDIDOR	10,9	65,00	708,5	2996,5
LIMPIEZA EN CAJA DE MEDIDOR	10,47	65,00	680,55	
TOMA LECTURA Y REGISTRA EN LISTA	13,7	65,00	890,5	
CIERRA TAPA DE CAJA EN MEDIDOR	11,03	65,00	716,95	

Tabla N° 08: Tiempo de operación total

OPERACIÓN	DISTANCIA TOTAL (metros)	TIEMPO OPERACIÓN TOTAL (seg)
TRASLADO DE ACUERDO A RUTA	8025	8025,00

Tabla N° 09: Tiempo total / Jornada laboral

OPERACIÓN	TIEMPO OPERACIÓN TOTAL (seg)	TIEMPO TOTAL (seg)
LEVANTA TAPA DE CAJA EN MEDIDOR	2996,5	11021,5
LIMPIEZA EN CAJA DE MEDIDOR		
TOMA LECTURA Y REGISTRA EN LISTA		
CIERRA TAPA DE CAJA EN MEDIDOR		
TRASLADO DE ACUERDO A RUTA	8025	

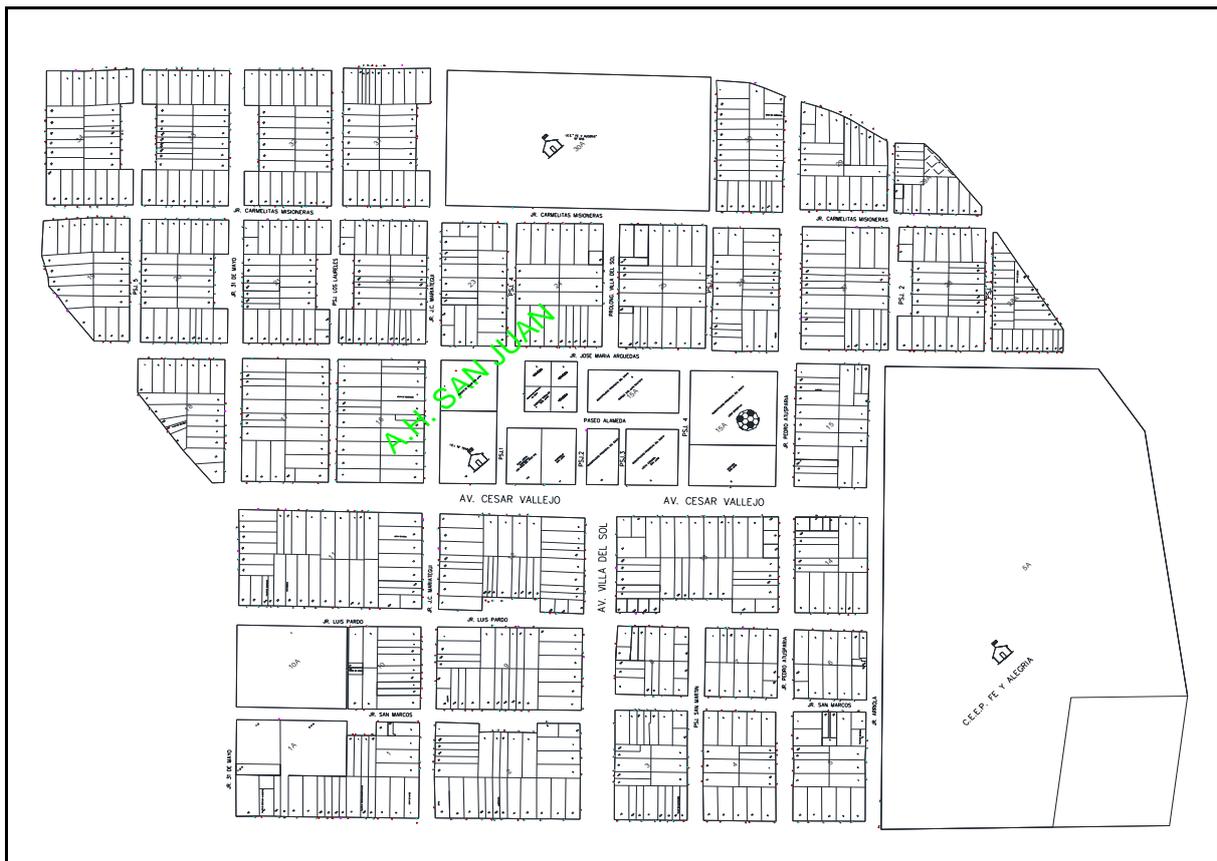


Gráfico N° 02: AH. San Juan de Chimbote

Para la realización de la toma de lectura es imprescindible el listado de los medidores de agua como se muestra en la Tabla N° 10 para localizar los predios en cada una de sus avenidas, en el lado derecho se encuentra el espacio vacío, es ahí donde los lecturistas deben colocar los debidos registros de consumo del agua de esa manera la información es llevada a la Oficina Central para la digitación de lecturas y los siguientes procedimientos del mismo.

Tabla N° 10: Notas de campo

Item	Cod cliente	Cod sector	Cod mz	N° lote	Dirección		N° calle	N° med
1	670135	'005'	'180'	'0070'	'AH. SAN JUAN'	'JR. SAN MARCOS'	'/1-2A'	'7131780'
2	317568	'005'	'180'	'0240'	'AH. SAN JUAN'	'AV. V.R. HAYA DE LA TORRE'	'3695-/1-8'	'A06N184016'
3	317591	'005'	'180'	'0330'	'AH. SAN JUAN'	'AV. V.R. HAYA DE LA TORRE'	'3675-/1-11'	'0901029242'
4	317648	'005'	'180'	'0480'	'AH. SAN JUAN'	'AV. V.R. HAYA DE LA TORRE'	'3629-/1-15'	'150007814'
5	317659	'005'	'180'	'0510'	'AH. SAN JUAN'	'AV. V.R. HAYA DE LA TORRE'	'3621-/1-16A'	'08-1744696'
6	317660	'005'	'180'	'0540'	'AH. SAN JUAN'	'AV. V.R. HAYA DE LA TORRE'	'3619-/1-17'	'E13M106239'
7	317671	'005'	'180'	'0570'	'AH. SAN JUAN'	'AV. V.R. HAYA DE LA TORRE'	'3605-/1-18'	'0901045482'
8	317795	'005'	'180'	'0960'	'AH. SAN JUAN'	'AV. V.R. HAYA DE LA TORRE'	'3777-/2-12'	'008978'
9	317842	'005'	'180'	'1080'	'AH. SAN JUAN'	'AV. V.R. HAYA DE LA TORRE'	'/2-16A'	'05164'
10	317853	'005'	'180'	'1095'	'AH. SAN JUAN'	'AV. V.R. HAYA DE LA TORRE'	'3737-/2-16'	'004428'
11	685529	'005'	'180'	'1171'	'AH. SAN JUAN'	'JR. JOSE CARLOS MARIATEGUI'	'/2-19'	'E13M101789'
12	674468	'005'	'180'	'1750'	'AH. SAN JUAN'	'AV. VILLA DEL SOL'	'/3-16A'	'7131694'
13	681503	'005'	'180'	'1970'	'AH. SAN JUAN'	'JR. PEDRO ATUSPARIA'	'/4-8A'	'7759103'
14	641356	'005'	'180'	'2080'	'AH. SAN JUAN'	'PRL JOSE PARDO'	'4-11'	'A13S365243'
15	318229	'005'	'180'	'2100'	'AH. SAN JUAN'	'AV. V.R. HAYA DE LA TORRE'	'3907-/4-12'	'A13S365242'
16	626619	'005'	'180'	'2240'	'AH. SAN JUAN'	'AV. V.R. HAYA DE LA TORRE'	'Mz. 5A-2'	'18W78228'
17	691117	'005'	'180'	'2241'	'AH. SAN JUAN'	'AV. LOS PESCADORES'	'/5B-9'	'E112576625'
18	689614	'005'	'180'	'2245'	'AH. SAN JUAN'	'AV. LOS PESCADORES'	'/5B-2'	'8611625'
19	318354	'005'	'180'	'2460'	'AH. SAN JUAN'	'AV. V.R. HAYA DE LA TORRE'	'4021-/5-8'	'A06N183486'
20	644951	'005'	'180'	'2699'	'AH. SAN JUAN'	'JR. PEDRO ATUSPARIA'	'/5-16'	'A13S365250'
21	681412	'005'	'180'	'2870'	'AH. SAN JUAN'	'JR. NICOLAS ARRIOLA'	'/6-5A2'	'7131391'
22	662113	'005'	'180'	'2890'	'AH. SAN JUAN'	'JR. ARRIOLA'	'/6-6A'	'11500109'
23	318514	'005'	'180'	'2940'	'AH. SAN JUAN'	'JR. SAN MARCOS'	'525-/6-8'	'185421'
24	318570	'005'	'180'	'3120'	'AH. SAN JUAN'	'JR. LUIS PARDO'	'/7-4'	'004381'
25	681309	'005'	'180'	'3370'	'AH. SAN JUAN'	'JR. LUIS PARDO'	'/MZ 8-LOTE 2A'	'7759097'
26	318752	'005'	'180'	'3630'	'AH. SAN JUAN'	'JR. JOSE CARLOS MARIATEGUI'	'256-/9-1'	'8622452'

27	318809	'005'	'180'	'3780'	'AH. SAN JUAN'	'AV. VILLA DEL SOL'	'257-/9-6'	'ZZZZZ'
28	318810	'005'	'180'	'3810'	'AH. SAN JUAN'	'AV. VILLA DEL SOL'	'245-/9-7'	'8748942'
29	319140	'005'	'180'	'4680'	'AH. SAN JUAN'	'AV. CESAR VALLEJO'	'468-/11-6'	'0901016145'
30	685347	'005'	'180'	'4910'	'AH. SAN JUAN'	'JR. JOSE CARLOS MARIATEGUI'	'/11-14A'	'E13M101786'
31	681252	'005'	'180'	'5020'	'AH. SAN JUAN'	'JR. LUIS PARDO'	'/11-17A'	'7759108'
32	656046	'005'	'180'	'5235'	'AH. SAN JUAN'	'JR. LUIS PARDO'	'/11-24A'	'7759135'
33	319388	'005'	'180'	'5400'	'AH. SAN JUAN'	'JR. 31 DE MAYO'	'/11-31'	'004421'
34	319399	'005'	'180'	'5490'	'AH. SAN JUAN'	'AV. CESAR VALLEJO'	'508-/12-1'	'8749285'
35	319435	'005'	'180'	'5610'	'AH. SAN JUAN'	'AV. CESAR VALLEJO'	'566-/12-5'	'E107496372'
36	319695	'005'	'180'	'6330'	'AH. SAN JUAN'	'AV. CESAR VALLEJO'	'676-/13-7'	'8749282'
37	692553	'005'	'180'	'6320'	'AH. SAN JUAN'	'AV. CESAR VALLEJO'	'/13-7A'	'9072203'
38	685176	'005'	'180'	'6760'	'AH. SAN JUAN'	'AV. VILLA DEL SOL'	'/13-21A'	'7759120'
39	319888	'005'	'180'	'6850'	'AH. SAN JUAN'	'AV. CESAR VALLEJO'	'/36-4'	'8749290'
40	682753	'005'	'180'	'7510'	'AH. SAN JUAN'	'JR. PEDRO ATUSPARIA'	'/15-10A-1'	'7131690'
41	681525	'005'	'180'	'7690'	'AH. SAN JUAN'	'JR. PEDRO ATUSPARIA'	'/15-16A'	'7131713'
42	624457	'005'	'180'	'7800'	'AH. SAN JUAN'	'JR. JOSE CARLOS MARIATEGUI'	'/15A-12'	'0901016331'
43	320201	'005'	'190'	'0030'	'AH. SAN JUAN'	'PSJ LOS LAURELES'	'/16-1'	'AON178294'
44	320278	'005'	'190'	'0210'	'AH. SAN JUAN'	'JR. JOSE CARLOS MARIATEGUI'	'/16-7'	'1512245'
45	681310	'005'	'190'	'1100'	'AH. SAN JUAN'	'PSJ 5'	'/18-1A'	'7131574'
46	665423	'005'	'190'	'1340'	'AH. SAN JUAN'	'JR. 31 DE MAYO'	'/18-9'	'901502222'
47	685165	'005'	'190'	'3590'	'AH. SAN JUAN'	'JR. 31 DE MAYO'	'/21-22A'	'5004701'
48	692046	'005'	'190'	'4220'	'AH. SAN JUAN'	'JR. JOSE MARIA ARGUEDAS'	'/22-19'	'9072202'
49	321677	'005'	'190'	'4290'	'AH. SAN JUAN'	'PSJ LOS LAURELES'	'/22-21'	'0901016159'
50	681547	'005'	'190'	'4790'	'AH. SAN JUAN'	'JR. JOSE CARLOS MARIATEGUI'	'/23-14A'	'7131699'
51	321995	'005'	'190'	'5160'	'AH. SAN JUAN'	'AV. VILLA DEL SOL'	'143-/24-8'	'004385'
52	681230	'005'	'190'	'5480'	'AH. SAN JUAN'	'AV. VILLA DEL SOL'	'/25-1A-2A'	'7131697'
53	687305	'005'	'190'	'5905'	'AH. SAN JUAN'	'JR. JOSE MARIA ARGUEDAS'	'/25-15B'	'1513594'
54	322258	'005'	'190'	'5910'	'AH. SAN JUAN'	'AV. VILLA DEL SOL'	'100-/25-15'	'7138608'
55	682775	'005'	'190'	'5920'	'AH. SAN JUAN'	'AV. VILLA DEL SOL'	'/25-15A'	'7131692'

56	322985	'005'	'200'	'0930'	'AH. SAN JUAN'	'AV. CAMINO REAL'	'/29-5'	'8749277'
57	323011	'005'	'200'	'0955'	'AH. SAN JUAN'	'PSJ 2'	'/29-7'	'8622446'
58	692817	'005'	'200'	'1340'	'AH. SAN JUAN'	'JR. CARMELITAS MISIONERAS'	'/30-10'	'9072212'
59	323373	'005'	'200'	'2160'	'AH. SAN JUAN'	'JR. JOSE CARLOS MARIATEGUI'	'/31-8'	'06524'
60	685110	'005'	'200'	'3100'	'AH. SAN JUAN'	'JR. CARMELITAS MISIONERAS'	'/32-14'	'7759119'
61	323793	'005'	'200'	'3550'	'AH. SAN JUAN'	'AV. CAMINO REAL'	'/33-5'	'135699'
62	680875	'005'	'200'	'4111'	'AH. SAN JUAN'	'PSJ 5'	'/33-22'	'7131318'
63	675312	'005'	'200'	'4125'	'AH. SAN JUAN'	'PSJ 5'	'/33-23'	'6640831'
64	681218	'005'	'200'	'4670'	'AH. SAN JUAN'	'JR. MICAELA BASTIDAS'	'/34-20A'	'7131408'
65	324227	'005'	'200'	'4790'	'AH. SAN JUAN'	'JR. MICAELA BASTIDAS'	'/34-24'	'7131553'

En el *Gráfico N° 03* se representa el camino empírico que realizan los lecturistas en una parte del sector de Chimbote, donde se observa claramente la repetición de los tramos ya recorridos (eso quiere decir que se vuelve a pasar por segunda vez cierta área donde se pasó anteriormente) eso nos refleja la inadecuada ruta que toman como criterio para realizar la toma de lectura de los medidores de agua conllevando a una demora en los resultados finales.

Las áreas rodeadas con circunferencias rojas equivalen a una distancia total de 1560 metros donde aproximadamente sería 26 minutos de demora en el proceso y esto solo representa a una pequeña parte del sector Chimbote, si se generaliza en un pueblo esto sería aproximadamente en 1 hora con 30 minutos y si esto aún se generaliza en todo Chimbote nos damos cuenta que realmente es un problema fundamental en el cual no se está tomando en cuenta y es ahí donde el presente trabajo tiene como objetivo enfocarse para brindar una mejor eficiencia en el desarrollo de sus actividades.



*Gráfico N° 03: Recorrido de los lecturistas*

Como primer paso para elaborar nuestro diseño de ruta es ingresar a la plataforma del AutoCAD 2012 con el plano sectorizado del AH. SAN JUAN el cual se ha tomado como muestra para nuestro estudio, donde consta de 65 medidores activos ya mencionados anteriormente.

A continuación digitamos con la opción “distance” - ”enter” donde nos pedirá especificar el primer punto de partida mostrado en el Gráfico N° 04 y comenzamos a tomar distancias entre cada medidor consecutivamente según el orden que tenemos en el listado ya recepcionado.

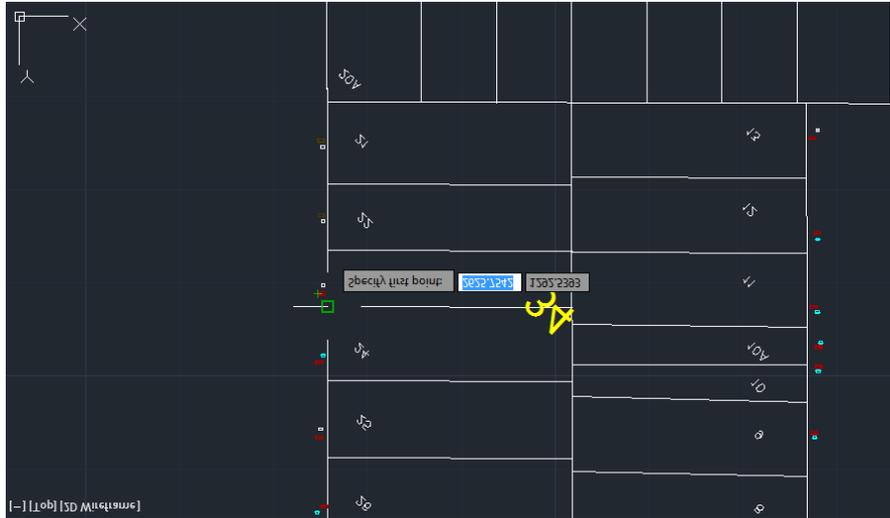


Gráfico N° 04: Opción “distance”

Una vez seleccionado el primer punto de partida, nos dirigirá hacia otra opción la cual es seleccionar el segundo punto o seleccionar puntos múltiples; elegimos la primera opción como en el Gráfico N° 05 ya que nos permitirá analizar la distancia entre uno y otro medidor para trasladarlo hacia el programa WinQSB el cual nos determinará el camino más óptimo que deberá recorrer el lectorista para la toma de lecturas, y así consecutivamente hasta llegar al último punto ubicado en el plano.



Gráfico N° 05: Distancia entre puntos

Las distancias arrojadas en el programa AutoCAD 2012 lo derivamos hacia el programa WinQSB por Network Modeling, donde nos indicara especificar el tipo de problema que deseamos resolver; por ende nos dirigimos hacia “Traveling Salesman Problem” por sus siglas en inglés que significa

“Problema del Agente Viajero” a la misma vez nos pedirá indicar el número de nodos o puntos que contiene nuestro problema, así como también el criterio del objetivo que por defecto será Minimizar esto se debe para optimizar nuestro recorrido alcanzando un máximo recorrido en el menor tiempo posible.

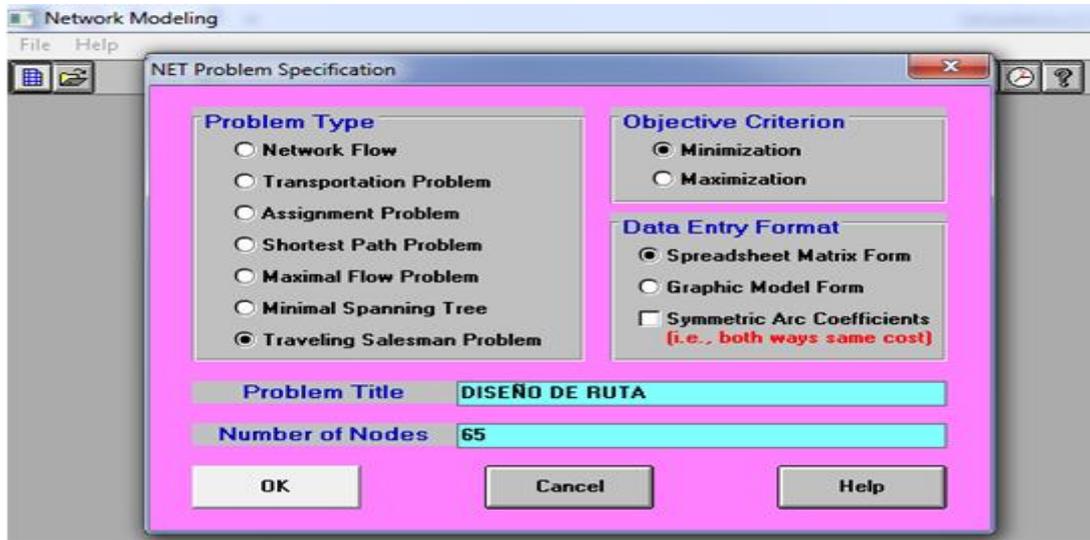


Gráfico N° 06: Traveling Salesman Problem

El problema escogido nos adjuntará una pantalla con los 65 puntos colocados de forma vertical y horizontal como se muestra en el Gráfico N° 07, ya ubicados en este punto debemos colocar las distancias encontradas en el AutoCAD 2012 para colocarlos en cada cuadro correspondiente como en el Gráfico N° 08 y de esa manera el programa nos pueda solucionar el problema de ruta que deseamos hallar.

The image shows a spreadsheet interface for a Traveling Salesman Problem. The title bar reads "DISEÑO DE RUTA: Minimization (Traveling Salesman Problem)". The spreadsheet has a grid with columns labeled "From \ To", "Node1", "Node2", "Node3", "Node4", "Node5", "Node6", "Node7", "Node8", "Node9", "Node10", "Node11", "Node12", "Node13", "Node14", and "Node15". The rows are labeled "Node1" through "Node31". The "Node1" row is highlighted in yellow. The rest of the grid is empty.

Gráfico N° 07: Cuadro de distancias

From \ To	Node1	Node2	Node3	Node4	Node5	Node6	Node7	Node8	Node9	Node10	Node11	Node12	Node13	Node14	Node15
Node1					5.64	191.63									
Node2					11.49	113.75									
Node3	150.81	180.71			109.32	117.32	188								
Node4	175.84	121.49	109.32		12	12	182.84								
Node5	191.63	113.75	117.32		12		174.7								
Node6			188		182.84	174.7		162.38							
Node7							162.38								
Node8									154.76	197.54	230.55	220.56	195.55	160.55	
Node9								154.76		48.89	369	369	334	299	
Node10								197.54	48.89		327.3	317.3	292.3	257.3	
Node11								230.55	369	327.3		10	40	76	
Node12								220.56	369	317.3	10		30	66	61.31
Node13								195.55	334	292.3	40	30		41	37.05
Node14								160.55	299	257.3	76	66	41		37.21
Node15												61.31	37.05	37.21	
Node16															195.9
Node17							148.1	275.54							
Node18							94.55	222.54							
Node19				184.44	176.24	112.64									
Node20															
Node21															
Node22															
Node23															
Node24															
Node25									70.07	70.70	141.67	141.15	100.46	217.67	

Gráfico N° 08: Distancias registradas

Una vez concluido dicho registro ingresamos a la pestaña “Solve and Analyze” el cual nos resolverá y analizará el problema ingresado, a continuación nos mostrará los puntos consecutivos a visitar con sus distancias respectivas como se muestra en el Gráfico N° 09.

Evaluando cada punto del Gráfico resuelto, solo nos quedaría como último proceso realizar la sumatoria de cada distancia recorrida lo cual refleja una sumatoria total de 5186.3 metros lo que en tiempo sería de **5186 segundos** aproximadamente.

11-15-2015	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	Node1	Node2	47,9	34	Node36	Node37	54,8
2	Node2	Node5	113,75	35	Node37	Node55	115,49
3	Node5	Node4	12	36	Node55	Node61	188,27
4	Node4	Node3	109,32	37	Node61	Node60	16,15
5	Node3	Node6	188	38	Node60	Node59	10,05
6	Node6	Node18	94,55	39	Node59	Node58	9,9
7	Node18	Node17	61	40	Node58	Node57	40
8	Node17	Node22	31,93	41	Node57	Node56	30
9	Node22	Node23	120,51	42	Node56	Node54	41,48
10	Node23	Node24	90,02	43	Node54	Node53	34,8
11	Node24	Node31	52,26	44	Node53	Node52	9,85
12	Node31	Node30	70	45	Node52	Node51	35,14
13	Node30	Node65	112,08	46	Node51	Node50	108,81
14	Node65	Node28	92	47	Node50	Node39	82,98
15	Node28	Node27	10	48	Node39	Node38	20
16	Node27	Node26	86,53	49	Node38	Node40	53,41
17	Node26	Node25	64,79	50	Node40	Node29	44,08
18	Node25	Node12	141,15	51	Node29	Node41	125,65
19	Node12	Node11	10	52	Node41	Node42	106,31
20	Node11	Node13	40	53	Node42	Node43	24,75
21	Node13	Node15	37,05	54	Node43	Node44	54,75
22	Node15	Node14	37,21	55	Node44	Node45	64,93
23	Node14	Node8	160,55	56	Node45	Node47	54,7
24	Node8	Node9	154,76	57	Node47	Node48	64,65
25	Node9	Node10	48,89	58	Node48	Node49	20,05
26	Node10	Node7	120	59	Node49	Node46	101,57
27	Node7	Node16	165,68	60	Node46	Node62	130,97
28	Node16	Node19	215,82	61	Node62	Node63	270
29	Node19	Node21	108,4	62	Node63	Node64	320
30	Node21	Node33	95,53	63	Node64	Node20	M
31	Node33	Node34	81,94	64	Node20	Node32	201,1
32	Node34	Node35	70,29	65	Node32	Node1	M
33	Node35	Node36	70				

Gráfico N° 09: Secuencia de puntos

Se obtuvo como distancia inicial 8025 metros con un tiempo de 8025 segundos aproximadamente mediante el recorrido empírico que realizaban los lecturistas, sin embargo haciendo frente a la aplicación del programa WinQSB, el cual nos permitirá recorrer distancias con un orden secuencial, se obtuvo como resultado 5186.3 metros, lo que expresa 5186 segundos. Dicha diferencia es de **2839 segundos** lo cual es equivalente a **47.32 minutos**.

Por ende, se concluye que aplicando el programa del Agente Viajero nos ayudará a minimizar las distancias para un mejor control de toma de lecturas no solo en el AH. SAN JUAN, sino también minimizar aún más el recorrido de todo el Distrito de Chimbote.

*Tabla N° 11: Comparación de distancias*

TRASLADO DE RUTA	
DISTANCIA INICIAL	DISTANCIA FINAL
<b>8025 m</b>	<b>5186.3 m</b>
<b>8025 s</b>	<b>5186 s</b>

Katherine Moreno, Carlos Parra y Luis Ulabarry, realizaron una tesis similar al diseño de ruta presentado, donde reflejó la reducción del tiempo total de aproximadamente el 40.36%, lo que en horas traduce una reducción de 7 horas 50 minutos, el dinero solo en un mes para el área de transporte, se logró un ahorro de \$ 1,606.275. Por otro lado, José Taquia en su tesis sobre optimización de rutas en una empresa de recojo de residuos sólidos logra reducir en el escenario optimista, 40% el tiempo inicial del recorrido, lo que significa una ganancia de más del 145% respecto a la inversión inicial de S/. 695,980. Por consecuencia el estudio de esta tesis se considera positivo.

### Conclusiones

Se realizó el diagnóstico del método actual con el diagrama de flujo, representando cada actividad con su respectivo tiempo, lo que significó resaltar la importancia del traslado de ruta para la toma de lectura de los medidores de agua en Chimbote, debido a la demora que presentaba en comparación con los otros procesos.

La medición del tiempo inicial consistió en el cronometraje de los 20 trabajadores en cada actividad realizada para establecer un tiempo promedio por cada uno lo cual tuvo como recorrido total de 11021,5 segundos para todo el proceso. De igual manera, se ejecutó dicho trabajo con la recepción de la Nota de Campo, donde se enumera todos los predios a donde debe dirigirse para la toma de lectura de los medidores de agua en Chimbote.

Se analizó el problema encontrado, visualizado a través del plano de Chimbote en dicho sector, para reflejar los errores cometidos por parte de los lecturistas al realizar movimientos repetitivos a lo largo de su recorrido, provocando demoras en el proceso durante el diagnóstico.

Se diseñó el modelo de ruta con el problema del Agente Viajero, en el programa WinQSB a través de AutoCAD 2012, que nos ayudó a visualizar el plano de Chimbote para que de esa manera se pueda encontrar las distancias entre cada punto y traspasar al programa para que nos dé como resultado final la optimización de distancias y el nuevo modelo a seguir para el recorrido de la toma de lectura.

En la medición del tiempo final se tuvo como resultado total 5186 segundos en todo el recorrido del A.H. San Juan de Chimbote; y a la misma vez se logró determinar una nueva secuencia de puntos a tomar en consideración por parte de los lecturistas ya que se minimiza distancia y tiempo en su recorrido.

En conclusión, se puede destacar la importancia de una programación matemática lo que conllevó a la reducción de tiempo en 47.32 minutos en la muestra de la ciudad de Chimbote, teniendo como resultado inicial de 8025 segundos y como resultado final 5186 segundos, optimizando representativamente en un 35.37% del proceso operativo.

### Referencias bibliográficas

- Arya, J., Lardner, R. (2009). *Matemáticas aplicadas a la administración y a la economía. Quinta edición*. México: Pearson, 2009.
- Ballou, R. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro. Quinta edición*. México: Pearson Educación.
- Bermeo, E., Calderón, J. 2009. *Diseño de un modelo de optimización de rutas de transporte. El Hombre y la máquina*. 32, Cali.
- Bourguett, V. (2003). *Manual para el uso eficiente y racional del agua. ¡Utiliza sólo la necesaria!* México: s.n., 2003.
- Carro, R. (2009). *Investigación de Operaciones en Administración*. Mar del plata: Pincu.
- Caso, A. (2006). *Técnicas de medición del trabajo*. Madrid: FC Editorial.
- Chase, R., Jacobs, R., Aquilano, N. (2007). *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. México: McGraw Hill.
- Eppen, G. (2000). *Investigación de operaciones en la Ciencia Administrativa*. México: Prentice Hall.
- Fred, M. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura*. México: Pearson Educación.
- García, R. (2005). *Estudio del trabajo, Ingeniería de métodos y medición del trabajo. Segunda Edición*. México: McGraw Hill.
- García, R. (1998). *Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. México: McGraw Hil.
- Gómez, B. (1972). *Medidores domiciliarios*. Lima. Perú.
- Grisales, J. (2002). *Diseño geométrico de carreteras*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Hillier, F., Lieberman, G. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones. Novena edición*. México: McGraw-Hill.
- Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo. Cuarta edición*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.
- Maynard, H. (1962). *Manual de Ingeniería de la Producción Industrial*. Barcelona: Reverté.
- Moreno, E., Ramírez, H. (2011). *Grafos: Fundamentos y algoritmos*. Chile: ebooks Patagonia.
- Moreno, K., Parra, C., Ulabarry, L. (2012). *Diseño y estructuración de un modelo de ruteo de transporte para la distribución de productos cárnicos en un canal de distribución tradicional (tienda a tienda)*. Santiago de Cali.

- Niebel, B. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño de trabajo*. México : McGraw Hill.
- Niebel, B. (1996). *Ingeniería Industria: Estudio de tiempos y movimientos*. México: Alfa Omega.
- Noriega, T., Diaz, B. (2001). *Técnicas para el estudio del trabajo*. Lima: Universidad de Lima - Fondo de desarrollo.
- OEA, Sistema Interamericano de Metrología. (2010). *INFOSIM*. Querétaro, México.
- Prawda, Juan. 2004. *Métodos y modelos de investigación de operaciones*. México: Limusa, 2004.
- Sedapal. (2001). *Norma del Centro de Lectura*. Lima: s.n., 2001.
- Taha, H. (2004). *Investigación de Operaciones, 7a. edición*. México: Pearson Educación.
- Taha, H. (2012). *Investigación de operaciones. Novena edición*. México: Pearson Educación.
- Taquia, J. (2013). *Optimización de rutas en una empresa de recojo de residuos sólidos en el distrito de Los Olivos*. Lima.Perú.
- Willemain, T. (1994). *Insights on Modeling from a Dozen Experts*. 2, New York: Academic Journal, 1994, Vol. 42.