

PLAN AGREGADO PARA MEJORAR EL PLANEAMIENTO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA SIMA METAL MECÁNICA – CHIMBOTE, 2017

Additional plan to improve the planning and control of the production of the SIMA Metal Mechanic Company in Chimbote, 2017

Projeto de um sistema de planejamento agregado para a produção de embalagens metálicas em uma empresa de fabricação na cidade de Chimbote

Arliss Sheryl Bulnes Quispe¹, Gracia Isabel Galarreta Oliveros², Lourdes Jossefyne Esquivel Paredes³

Resumen

Objetivo. Elaborar un Plan Agregado que mejore el planeamiento y control de la producción de la empresa SIMA Metal Mecánica - Chimbote, 2017. **Materiales y métodos.** Se identificó los factores que ocasionado el incumplimiento de entrega de proyectos. Se obtuvo el pronóstico de la demanda tanto de las ventas como del acero procesado para el año 2017. Se calculó el ratio de horas hombre por tonelada (Indicador de nivel de productividad). Se diseñó distintos planes agregados, nivelando la contratación, subcontratación y el sobretiempo. **Resultados.** El Plan Agregado N°04 logró disminuir en un 34.78% las penalizaciones a comparación del plan actual que tiene la empresa por un costo correspondiente de S/ 17,062.17 Soles. **Conclusión.** El plan agregado diseñado mejoró el planeamiento y control de la producción de la empresa SIMA Metal Mecánica - Chimbote, 2017.

Palabras Clave: Plan agregado, Planeamiento y control de producción.

Abstract

Objective. Develop an Addition Plan that improves the planning and control of the production of the SIMA Metal Mechanic Company in Chimbote, 2017. **Materials and methods.** The factors were identified which are affected by the failure to fulfill projects. The demand forecast for both sales and processed steel for the year 2017 was obtained. The register of man hours permitted the calculation of the ratio of man hours per ton (an indicator of the level of productivity). The designed the different plans attached, balancing the contracting, subcontracting and overtime. **Results.** The Additional Plan N°04 was able to reduce the penalizations by 34.78% in comparison with the company's current plan, with a corresponding cost of S/ 17,062.17 Soles. **Conclusion.** An additional plan will improve the planning and control of the production of the SIMA Metal Mechanic Company in Chimbote, 2017.

Keywords: Additional plan, Planning and control of production

Resumo

Objetivos. Prepare um Plano Agregado que melhore o planejamento e controle da produção da empresa SIMA Metal Mecánica - Chimbote, 2017. **Materiais e métodos.** Os fatores que estão afetando a não entrega de projetos foram identificados. A previsão da demanda para vendas e aço processado para o ano de 2017. Foi calculada a proporção de horas-homem por tonelada (Indicador de produtividade). Diferentes planos agregados foram projetados, nivelando a contratação, subcontratação e horas extras. **Resultados.** O Plano agregado n° 04 conseguiu reduzir as penalidades em relação ao plano atual da empresa em 34,78%, para um custo correspondente de S / 17,062.17 Soles. **Conclusão.** Um plano agregado melhorou o planejamento e controle da produção da empresa SIMA Metal Mecánica - Chimbote, 2017.

Palavras-chave: plano agregado, planejamento e controle de produção.

Introducción

El uso del plan agregado en la actualidad beneficia a que las empresas cuenten con herramientas que mejoren su nivel competitivo en el mercado. Es por ello, que un plan agregado es de gran

¹ Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad César Vallejo. Chimbote. Perú. bulnesq@gmail.com

² Escuela de Ingeniería Industrial. Magister. Universidad César Vallejo. Chimbote. Perú. ggalarreta@ucv.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-8915-6607>

³ Dirección de Investigación. Magister. Universidad César Vallejo. Chimbote. Perú. lesquivel@ucv.edu.pe
<http://orcid.org/0000-0001-5541-2940>

importancia dentro de una operación; teniendo en cuenta también a los proveedores ya que forman una parte crucial para que la producción sea mucho más eficiente y sea lograda con éxito. La empresa Servicios Industriales de la Marina- SIMA, Metal Mecánica que inicio en Chimbote el 1ero de marzo de 1975, siendo el primero en contar con un Sistema de Gestión de la Calidad certificado en la Norma ISO 9001:2000, para la fabricación de puentes, tuberías, compuertas y tanques al carbono. La empresa se basa a la ejecución de proyectos, es decir trabaja bajo pedido, la cual la hace distinta de las dedicadas a la producción en serie. En estos últimos años por trabajar con métodos tradicionales, ha venido presentando diferentes tipos de problemas lo que está provocando que el sistema de producción presente ineficiencias, que causan que su plan de producción sea inadecuado, por ende surge la necesidad de emplear métodos de mejora en su planeamiento y control de la producción debido a que estas anomalías están generando retrasos en la entrega de proyectos, desperdicios de recursos y graves dificultades en la hora de la toma de decisiones. Estos múltiples errores generan conflictos en las distintas áreas de producción y talleres, debido a los cuellos de botella presentados al momento de la ejecución del proyecto, reduciendo así la producción. Así mismo, la empresa presenta líneas de negocio de gran importancia, y para empezar con la fabricación de alguna estructura metálica como por ejemplo la de un puente de acero según el tipo que el cliente requiera, conforme a sus especificaciones técnicas que presenten ya sea del tamaño como de 180 metros o 70 metros, etc.; se es necesario empezar con el reclutamiento de personal, sin embargo hay factores como el hecho de que el mercado no cuenta con profesionales capacitados para cumplir con trabajos de alto riesgo como son las actividades de soldadura, cortes, esmerilado, entre otro, eso genera también retrasos en las entregas de proyectos, ya que la capacidad actual de la empresa es de 27 trabajadores estables y eso no cubre para poder empezar con la fabricación de cualquier estructura metálica, por ello la empresa se ve en la obligación de contratar y subcontratar (terceros) trabajadores con el fin de cumplir con el logro de las actividades en el plazo contractual establecido. Sin embargo, se han visto casos donde el contratista al no adquirir anticipadamente todos sus materiales y equipos (hay proveedores donde se deben realizar pedidos con 3 meses de anticipación) impide que SIMA Metal Mecánica pueda verificar la calidad y al mismo tiempo autorizar el uso de los mismos. En el caso de sus trabajadores el contratista no cumple con suministrar el personal calificado para operar en actividades u operaciones que presentan en el cronograma rutas críticas es decir actividades con mayor peligro.

En el trabajo de investigación de Molina (2013) titulado: “Plan agregado de producción para el mejoramiento de la productividad de Empresa Ecuatoriana de Curtidos S.A”, para obtener el título de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización en la Universidad Técnica de Ambato – Ecuador, cuyo objetivo principal es analizar el plan agregado de producción, y su incidencia en el incremento de la productividad de la empresa Ecuatoriana de Curtidos Salazar S.A.; al definir su objetivo principal el expone que la Empresa Ecuatoriana viene presentando un inadecuado pronóstico de demanda. Como resultado menciona que los diferentes modelos de planes agregados permitieron optimizar los recursos para la elaboración de los productos y así lograr reducir los costos que se tiene por cumplir con la producción, la cual arroja un precio de \$218.406,21. El autor concluye que al aplicar un plan agregado se logró optimizar los costos, manteniendo una fuerza laboral constante, contrataciones, despidos eventuales y con variación en temporadas de demanda alta.

En ese sentido se plantea el siguiente problema: Por lo expuesto y para el cumplimiento del objetivo de la investigación, se plantea el siguiente problema: ¿En qué medida un plan agregado mejora el planeamiento y control de la producción de la Empresa Sima Metal Mecánica - Chimbote, 2017?.

Es por eso, que la presente investigación logró que la Empresa SIMA Metal Mecánica - Chimbote, posea alternativas nuevas que le permita hacer un mejor uso de sus recursos, aumentar su productividad, sus costos de operación y, además, lograr diferenciarse de la competencia permitiendo así ser la primera opción de sus clientes. Lo mencionado justifica la presente investigación, cuyos resultados permiten mejorar su planeamiento y control de la producción en los distintos proyectos a ejecutar por la Empresa SIMA Metal Mecánica – Chimbote.

Material y métodos

La presente investigación fue de carácter no-experimental en la categoría transaccionales o transversales, porque no se manipuló deliberadamente las variables, ya que sólo se observó el fenómeno en su ambiente natural para después analizarlo. También presentó un diseño transversal de tipo descriptivo, ya que se recolectaron datos, en un solo corte de tiempo, sin manipular o controlar variable alguna, es decir, se obtuvo la información sin alterar las condiciones existentes.

En la presente investigación la población de estudio estuvo conformada por los proyectos de fabricación de estructuras metálicas vendidos entre los años 2012 al 2017.

Para Hernández, Fernández y Baptista (2006), la “muestra es utilizada por economía de tiempo y recursos, y para seleccionarla lo primero que se define es la unidad de análisis, y esto dependiendo del planeamiento del problema a investigar y de los alcances del estudio para luego delimitar una población.” En la presente investigación la muestra Proyectos de fabricación de Puentes tipo Alma Llena y Reticulado vendidos entre los años 2012 al 2017.

Resultados

Como parte del diagnóstico de la situación actual sobre el cumplimiento de pedidos se realizó una revisión de los datos históricos en cuanto al total de penalizaciones que la empresa presentó entre los años 2012 al 2016. Luego se obtuvo el porcentaje de penalización con respecto al monto de los últimos 5 años de cada tipo de puente. Esto permitió identificar las causas que están generando el incumplimiento de la entrega de proyectos, para este diagnóstico se aplicó como instrumento el Diagrama de Ishikawa (Figura 01), permitiendo organizar mayor información sobre el problema a analizar.

La tabla 1 muestra que la empresa presentó durante estos años varias dificultades para cumplir con el plazo estimado de tiempo de entrega, lo cual puede deberse a varios factores que estarían afectando su planeamiento y control de producción, como también el no cumplir objetivos de la empresa ni la satisfacción del cliente. Además, se obtuvo el promedio total para el año 2017 que es de 5.9%

Tabla 1:
Tabla de porcentajes de Penalizaciones Pte. Reticulado

AÑO	TOTAL DE VENTAS POR AÑO	TOTAL DE PENALIZACIONES POR INCUMPLIMIENTO DE PEDIDOS	% DE PENALIZACIÓN CON RESPECTO AL MONTO
2012	S/. 7,058,748.97	S/. 348,944.00	4.94
2013	S/. 3,049,819.25	S/. 293,598.00	9.63
2014	S/. 3,548,469.46	S/. 259,532.00	7.31
2015	S/. 5,632,387.47	S/. 250,341.00	4.44
2016	S/. 2,584,364.26	S/. 84,195.00	3.26
2017 PROMEDIO ARITMÉTICO			5.9

Fuente: Elaboración propia

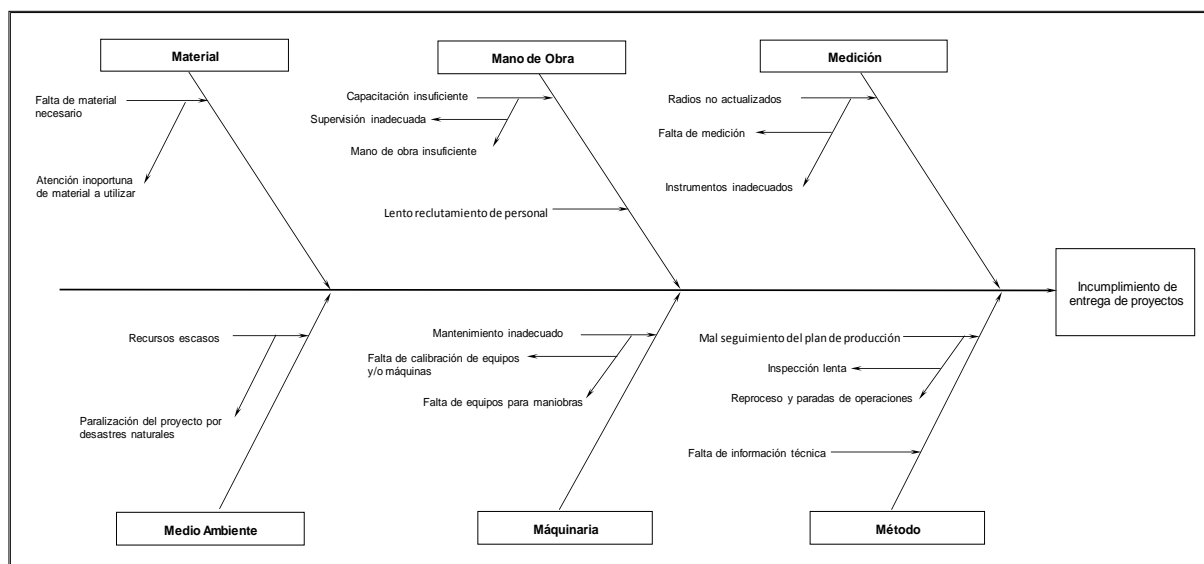
La tabla 2 muestra que la empresa en cuanto al Puente tipo Alma Llena presentó varias dificultades para cumplir con el plazo establecido por contrato en estos 5 años. Estas dificultades debido a ciertos factores están afectando al buen planeamiento y control de producción. Además, se obtuvo el promedio total para el año 2017 que es de 6.2%

Tabla 2:
Tabla de porcentajes de Penalizaciones Pte. Alma Llena

AÑO	TOTAL DE VENTAS POR AÑO	TOTAL DE PENALIZACIONES POR INCUMPLIMIENTO DE PEDIDOS	% DE PENALIZACIÓN CON RESPECTO AL MONTO
2012	S/. 2,157,273.17	S/. 215,727.31	9.99%
2013	S/. 7,901,059.48	S/. 746,890.00	9.45%
2014	S/. 3,884,094.65	S/. 217,448.00	5.59%
2015	S/. 1,207,273.86	S/. 67,080.00	5.55%
2016	S/. 4,972,698.31	S/.16,576.00	0.33%
2017 PROMEDIO ARITMÉTICO			6.2%

Fuente: Elaboración propia

A continuación, mediante el uso del instrumento Diagrama de Ishikawa se identificó los factores



que intervienen en el incumplimiento de pedidos de producción (Figura 1):

Figura 1: Diagrama de Ishikawa sobre Incumplimiento de entrega de Proyectos

Fuente: Elaboración propia

Se determinó que cada año la empresa tuvo un porcentaje de penalización por incumplimiento de entrega de proyectos de ambos tipos de puente que se generaron por distintos factores, pero dentro de ellas se pudo analizar que el problema principal es la mano de obra debido a que el reclutamiento de personal es muy lento, y esto porque no hay profesionales que cumplan con los requisitos que se piden en cada proyecto. Además, el problema que más interfiere es la escasa mano de obra directa que tiene la empresa, siendo de tan solo 27 operarios, lo cual conlleva a contratar y prestar servicios de terceros. Es por ello que la empresa debe realizar el diseño del plan agregado y sus distintas estrategias. Principalmente porque la empresa se dedica a la ejecución de proyectos es decir trabaja bajo pedido a comparación de otras empresas que su producción es en serie. Por tal motivo, se necesita minimizar las penalizaciones y los costos, logrando que se maximicen los beneficios como las ganancias, por ello este factor es clave ya que se pueden realizar distintas estrategias de

nivelación para que el plan afecte el costo y logré así evitar las fluctuaciones en la fuerza de trabajo la cual provocan una mala planificación y control de la producción.

Como parte de la determinación del pronóstico de la demanda se tomó una variable independiente extra como es el monto de las inversiones públicas y privadas, esta data se relacionó con la variable dependiente anual para luego junto con la ecuación de la regresión múltiple obtener el pronóstico de ventas y acero procesado para el 2017 de ambos puentes.

Tabla 3:
Pronóstico de las ventas para el año 2017 Pte. Alma Llena

AÑO	INVERSIONES: Millones de soles a precios de 2007	VENTAS ANUALES PTE. ALMA LLENA
2012	S/. 111,041.56	S/. 2,157,273.13
2013	S/. 120,919.69	S/. 18,012,460.75
2014	S/. 119,954.66	S/. 3,884,094.65
2015	S/. 117,472.18	S/. 1,207,273.86
2016	S/. 120,407.76	S/. 4,972,698.31
2017	S/. 129,011.48	Y

Fuente: Elaboración propia

Para el caso del Puente tipo Alma Llena los datos son procesados en el Microsoft Excel y las estadísticas de regresión obtenidas se muestran en la tabla 04, y arrojan que el coeficiente de correlación de Pearson o r es 0.87 (aproximado) y por consecuencia el coeficiente de determinación r^2 es de $r^2 = (0.753220228)^2 = 0.753220228$. Al evaluar la intensidad de la relación entre las variables da un 75.32%, la cual indica una correlación positiva considerable.

Tabla 4:
Coefficiente de correlación ($X_1 - X_2 - Y$)

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.867882612
Coefficiente de determinación R^2	0.753220228
R^2 ajustado	0.506440457
Error típico	4810685.337
Observaciones	5

Fuente: Elaboración propia – Microsoft Excel

Mediante los datos de la tabla 05, se aplicó la ecuación de la regresión lineal múltiple:
 $Y = a + bx_1 + cx_2$

Tabla 5:
Coefficientes del modelo ($X_1 - X_2 - Y$)

<i>Coefficientes</i>	
Intercepción	7352116752
Año	-3748314.226
Inversión: Millones de Nuevo soles a precios de 2007	1721.229949

Fuente: Elaboración propia – Microsoft Excel

Por ende, el pronóstico de ventas para el año 2017 es de un monto correspondiente al de **S/. 13, 825,373.62** para lo que respecta a Puentes tipo Alma Llena

Tabla 6:
Pronóstico de Acero Procesado anual (Kg) para el año 2017 Pte. Alma Llena

AÑO	VENTAS ANUALES PTE. ALMA LLENA	ACERO PROCESADO ANUAL (Kg) PTE. ALMA LLENA
2012	S/. 2,157,273.13	72,220.00
2013	S/. 18,012,460.75	288,960.00
2014	S/. 3,884,094.65	74,160.00
2015	S/. 1,207,273.86	72,220.00
2016	S/. 4,972,698.31	65,490.00
2017	S/. 13,825,373.62	Y

Fuente: Elaboración propia

Para el caso del pronóstico del acero procesado se obtienen las estadísticas de regresión que se muestran en la tabla 07, donde el coeficiente de correlación de Pearson o r es 0.98 (aproximado) y en consecuencia el coeficiente de determinación r^2 es de $r^2 = (0.980284355)^2 = 0.960957417$. Al evaluar la intensidad de la relación entre las variables da un 96.09%, la cual indica una **correlación positiva muy fuerte**.

Tabla 71:
Coefficiente de correlación ($X_1 - X_2 - Y$)

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.980284355
Coefficiente de determinación R^2	0.960957417
R^2 ajustado	0.921914834
Error típico	27250.76251
Observaciones	5

Fuente: Elaboración propia – Microsoft Excel

Mediante los datos de la tabla 08, se aplicó la ecuación de Regresión lineal múltiple:
 $Y = a + bx_1 + cx_2$

Tabla 8:
Coefficientes del modelo ($X_1 - X_2 - Y$)

<i>Coefficientes</i>	
Intercepción	16325423.91
AÑO	-8089.18021
Venta SIMA Alma llena	0.013361706

Fuente: Elaboración propia – Microsoft Excel

Luego de haber reemplazado los datos se obtuvo el pronóstico del acero procesado para el año 2017 siendo de **194,278.00 kg** para lo que respecta los Puentes tipo Alma Llena

Tabla 9:
Pronóstico de las ventas para el año 2017 Pte. Reticulado

AÑO	INVERSIONES: Millones de nuevos soles a precios de 2007	VENTAS ANUALES PTE. RETICULADO
2012	S/. 111,041.56	S/. 8,483,688.15

2013	S/. 120,919.69	S/. 5,507,977.91
2014	S/. 119,954.66	S/. 48,732,510.50
2015	S/. 117,472.18	S/. 5,632,387.47
2016	S/. 120,407.76	S/. 2,584,364.26
2017	S/. 129,011.48	Y

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se obtuvo el pronóstico de venta anual del Puente tipo Reticulado para el año 2017. Al procesarlo en el Microsoft Excel se obtienen las estadísticas de la regresión como muestra la tabla 10, donde el coeficiente de correlación de Pearson o r es 0.85 (aproximado) y en consecuencia el coeficiente de determinación r^2 es de $r^2 = (0.846144938)^2 = 0.715961256$. Al evaluar la intensidad de la relación entre las variables arrojó un 71.59% lo cual demuestra una **correlación positiva considerable**.

Tabla 10:

Coefficiente de correlación ($X_1 - X_2 - Y$)

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0.846144938
Coeficiente de determinación R^2	0.715961256
R^2 ajustado	0.431922512
Error típico	1695383.266
Observaciones	5

Fuente: Elaboración propia – Microsoft Excel

Mediante los datos de la tabla 11, se aplicó la ecuación de Regresión lineal múltiple:
 $Y = a + bx_1 + cx_2$

Tabla 11:

Coefficientes del modelo ($X_1 - X_2 - Y$)

<i>Coefficientes</i>	
Intercepción	1940353170
Variable X 1	-952243.6536
Variable X 2	-140.7796902

Fuente: Elaboración Propia – Microsoft Excel

Por consiguiente, el pronóstico de venta anual es de **S/. 1, 515,525.53** en lo que respecta Puente tipo Reticulado.

Tabla 2:

Pronóstico de Acero Procesado anual (Kg) para el año 2017 Pte. Reticulado

AÑO	VENTAS ANUALES PTE. RETICULADO	ACERO PROCESADO ANUAL (Kg) PTE. RETICULADO
2012	S/. 8,483,688.15	333,584.00
2013	S/. 5,507,977.91	277,471.00

2014	S/. 48,732,510.50	280,840.00
2015	S/. 5,632,387.47	179,610.00
2016	S/. 2,584,364.26	75,780.00
2017	S/. 1,515,525.53	Y

Fuente: Elaboración propia

Continuando con el pronóstico del acero procesado y al arrojarlo al Microsoft Excel se obtienen las estadísticas de la regresión como muestra la tabla 13, donde el coeficiente de correlación de Pearson o r es 0.98 (aproximado) y en consecuencia el coeficiente de determinación r^2 es de $r^2 = (0.980284355)^2 = 0.960957417$. Al evaluar la intensidad de la relación entre las variables da un 98.02%, la cual indica una **correlación positiva muy fuerte**.

Tabla 13:

Coefficiente de correlación ($X_1 - X_2 - Y$)

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.980284355
Coefficiente de determinación R^2	0.960957417
R^2 ajustado	0.921914834
Error típico	27250.76251
Observaciones	5

Fuente: Elaboración propia – Microsoft Excel

Mediante los datos de la tabla 14, se aplicó la ecuación de regresión lineal múltiple:
 $Y = a + bx_1 + cx_2$

Tabla 34:

Coefficientes del modelo ($X_1 - X_2 - Y$)

<i>Coefficientes</i>	
Intercepción	16325423.91
AÑO	-8089.18021
Venta SIMA Alma llena	0.013361706

Fuente: Elaboración propia – Microsoft Excel

La ecuación da como resultado que el acero procesado para el año 2017 es de **26,732.92 kg** en lo que respecta al Puente tipo Reticulado.

Para el diseño de las estrategias de planeación agregada se pasó a determinar cuál es el ratio de horas por tonelada. En la tabla 15 muestra que el nivel de productividad es de 86.67 horas hombre por tonelada; este ratio permite obtener el total de horas hombre requerida por tipo de puente al momento de realizar el diseño de las estrategias.

Tabla 15:

Nivel de productividad (Ratio HH x TN) Pte. Alma Llena

AÑO	PESO (tn)	HC/PESO	h/h - CONSUMIDA TOTAL	HH X TN (Ratio) Consumida	h/h - CONSUMIDA CASA	h/h - UTILIZADO POR TERCEROS
2012	72.22	100.75	7276.37	7,276.37	6,446.00	830.37
2013	113.28	73.42	8316.93	8,316.93	5,204.00	3,112.93
2013	175.68	83.89	14738.52	14,738.52	14,005.00	733.52
2014	74.16	106.96	7932.25	7,932.25	7,357.00	575.25
2015	72.22	80.16	6288.61	5,789.16	4,436.50	1,852.11

2016	65.49	121.36	7948.11	7,948.11	3,489.50	4,458.61
			(Ratio HH x TN)	86.67		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 muestra que el nivel de productividad es de 86.67 horas hombre por tonelada; este ratio permite obtener el total de horas hombre requerida por tipo de puente al momento de realizar el diseño de las estrategias.

Tabla 16:
Nivel de productividad (Ratio HH x TN) Pte. Reticulado

AÑO	PESO (tn)	HC/PESO	h/h - CONSUMIDA TOTAL	RATIO HH X TN	h/h - CONSUMIDA CASA	h/h - UTILIZADO POR TERCEROS
2012	177.89	149.58	26,608.00	26,608.00	522.00	26,086.00
2012	95.56	250.25	23,914.11	23,914.11	20,715.80	3,198.31
2012	60.134	121.94	7,332.54	7,332.54	201.00	7,131.54
2013	167.48	159.46	26,706.96	26,706.96	16,964.00	9,742.96
2013	109.991	227.77	25,052.11	25,052.11	16,392.00	8,660.11
2014	98.56	195.97	19,314.59	19,314.59	14,999.50	4,315.09
2014	182.28	159.85	29,137.97	29,137.97	27,404.00	1,733.97
2015	179.61	154.22	27,698.72	27,698.72	21,822.50	5,876.22
2016	75.78	170.85	12,947.27	12,947.27	5,334.50	7,612.77
			(Ratio HH x TN)N	180.65		

Fuente: Elaboración propia

Diferentes estrategias de Planes Agregados:

Plan Agregado N° 01: Capacidad actual de la empresa

Fuerza laboral actual – con Contratación del 43% y Subcontratación (Terceros) al 40%

El diseño del plan se basa en trabajar con la fuerza laboral actual entre ellos maestros caldereros, maestros soldadores, etc. Con lo que respecta al nivel de contratación es de un 43% y subcontratación por un máximo del 40%. La demanda estimada sobre las ventas para el 2017 en cuanto al Puente tipo Alma llena es de S/. 13, 825,373.62 Soles con acero procesado de 194.28 TN y para el Puente tipo Reticulado S/. 1, 515,525.53 Soles con acero procesado de 26.73 TN. Estos datos sirven para determinar las horas hombre que se necesitan; y los datos se obtienen al multiplicar el ratio obtenido de ambos puentes. Por consiguiente, se obtendrán las horas hombre por día para el año 2017 multiplicando a los operarios estables, operarios contratos y operarios subcontratados por las Horas laborales diarias (8h/día), de igual manera por los sobretiempos (2h/día). Estos resultados se muestran en la tabla 17:

Tabla 17:
Producción en horas por día para el año 2017

PRODUCCIÓN (H/DÍA)	HORAS/DÍA	PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE OPERARIOS POR DÍA
Horas laborales diarias	8	
Sobretiempo	2	

Operario Estable	27	17%
Operario Contratado	69	43%
Operario Subcontratado (Terceros)	65	40%
Horas laborales diarias (OE)	216.00	14.59%
Horas por sobretiempo laboral diaria (OE)	54.00	3.65%
Horas laborales diarias (OC)	552.00	37.30%
Horas por sobretiempo laboral diaria (OC)	138.00	9.32%
Horas laborales diarias de los (Terceros)	520.00	35.14%
Total de Horas laborales diarias	1,480.00	100%

Fuente: Elaboración propia

La tabla 18 presenta información sobre los costos de horas hombre por cada tipo de operario; estos costos son los que la empresa viene desarrollando en una jornada laboral actual diaria.

Tabla 18:
Información de costos de horas hombre por cada tipo de Operario

INFORMACIÓN DE COSTOS DE HH	COSTOS DE HH
Costo de HH diarias (OE)	S/.6.56
Costo de HH sobretiempo diario (OE)	S/.12.96
Costo de HH diarias para (OC)	S/.5.38
Costo de HH por sobretiempo diario (OC)	S/.6.33
Costo de HH por sobretiempo diario (Terceros)	S/.13.06

Fuente: Departamento de Producción – SIMA Metal Mecánica

Continuando con el desarrollo del plan, es necesario obtener el total de horas hombre que se requiere por cada tipo de puente, para ello se multiplicó el ratio de horas hombre obtenido por el acero procesado requerido. En el caso del Puente tipo Alma llena es de 16,838.07 HH y para el Puente tipo Reticulado es de 4,829.30 HH. Tabla 19.

$$\text{Total de HH requerida} = \text{Acero procesado requerido} \times \text{RATIO}$$

Tabla 19:
Total de horas hombre requeridas por puente

Horas de producción por tipo de Puente	Promedio de HH X TN (RATIO)	Total de Horas Hombre requeridas	Porcentaje de participación en cada tipo de puente
--	-----------------------------	----------------------------------	--

Horas requeridas - Puente tipo Alma Llena	86.67	16,838.07	78%
Horas requeridas - Puente tipo Reticulado	180.65	4,829.30	22%
Total		21,667.38	100%

Fuente: Elaboración propia

Luego de haber obtenido las horas hombre requeridas para cada tipo de puente, entonces se pasó a dividir las horas hombre requeridas conforme el operario, pasando a multiplicar estas horas hombre requeridas con el porcentaje de participación que se les dio en la tabla 17, para este análisis de igual manera se utilizó los puentes que generan más demanda. La tabla 20 muestra las horas hombre normales y por sobretiempo para operarios estables y contratados; además, de las horas hombre diarias de producción requerida por operarios subcontratados para el Puente tipo Alma Llena.

HH requeridas por tipo de Operario

$$= \text{Total de HH requerida} \times \% \text{ participación de Operarios por día}$$

Tabla 20:

Horas hombre requeridas por tipo de Operario – Puente tipo Alma Llena

HH REQUERIDAS POR TIPO DE OPERARIO - PUENTE TIPO ALMA LLENA	HH REQUERIDAS POR TIPO DE OPERARIO	PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE OPERARIOS POR DÍA
Horas laborales diarias requeridas (OE)	2,457.45	14.59%
Horas por sobretiempo laboral diaria requeridas (OE)	614.36	3.65%
Horas laborales diarias requeridas (OC)	6,280.15	37.30%
Horas por sobretiempo laboral diaria requeridas (OC)	1,570.04	9.32%
Horas por sobretiempo laboral diaria requeridas para (Terceros)	5,916.08	35.14%
Total de Horas Hombre requeridas	838.07	100.00%

Fuente: Elaboración propia

La tabla 21 muestra las horas hombre normales y por sobretiempo para operarios estables y contratados; además, de las horas hombre diarias de producción requerida por operarios subcontratados en el caso del Puente tipo Reticulado.

HH requeridas por tipo de Operario

$$= \text{Total de HH requerida} \times \% \text{ participación de Operarios por día}$$

Tabla 21:

Horas hombre requeridas por tipo de Operario – Puente tipo Reticulado

HH REQUERIDAS POR TIPO DE OPERARIO - PUENTE TIPO RETICULADO	HH REQUERIDAS POR TIPO DE OPERARIO	PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE OPERARIOS POR DÍA
Horas laborales diarias requeridas (OE)	704.82	14.59%

Horas por sobretiempo laboral diaria requeridas (OE)	176.20	3.65%
Horas laborales diarias requeridas (OC)	1,801.20	37.30%
Horas por sobretiempo laboral diaria requeridas (OC)	450.30	9.32%
Horas por sobretiempo laboral diaria requeridas (Terceros)	1,696.78	35.14%
Total de Horas Hombre requeridas	4,829.30	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Luego haber obtenido las HH requeridas por Operario y tipo de Puente. Entonces, se determinó cuáles son los costos que se requiere por esas horas laboradas. Por tal motivo, se multiplicó las HH requeridas con los costos de HH correspondiente. La tabla 22 arroja cual es el costo de HH requeridas dando un costo total para el Puente tipo Alma Llena de S/. 145,072.52 Soles.

$$\text{Costo de HH} = \text{HH requeridas por tipo de Operario} \times \text{Costo de HH/día}$$

Tabla 22:

Costo de horas hombre anual por tipo de Operario – Puente tipo Alma Llena

COSTO DE HH POR TIPO DE OPERARIO	COSTO DE HH POR TIPO DE OPERARIOS
Horas laborales diarias requeridas (OE)	S/. 16,120.86
Horas por sobretiempo laboral diaria requeridas (OE)	S/. 7,962.13
Horas laborales diarias requeridas (OC)	S/. 33,787.19
Horas por sobretiempo laboral diaria requeridas (OC)	S/. 9,938.33
Horas por sobretiempo laboral diaria requeridas (Terceros)	S/. 77,264.01
Costo Total de Horas Hombre	S/.145,072.52

Fuente: Elaboración propia

La tabla 23 arroja cual es el costo de HH requeridas dando un costo total para el Puente tipo Reticulado de S/. 41,608.03 Soles.

$$\text{Costo HH} = \text{HH requeridas por tipo de Operario} \times \text{Costo de HH/día}$$

Tabla 23:

Costo de horas hombre anual por tipo de Operario – Puente tipo Reticulado

COSTO DE HH POR TIPO DE OPERARIO	COSTO DE HH POR TIPO DE OPERARIOS
Horas laborales diarias requeridas (OE)	S/. 4,623.60
Horas por sobretiempo laboral diaria requeridas (OE)	S/. 2,283.61
Horas laborales diarias requeridas (OC)	S/. 9,690.45
Horas por sobretiempo laboral diaria requeridas (OC)	S/. 2,850.40

Horas por sobretiempo laboral diaria requeridas (Terceros)	S/. 22,159.97
Costo Total de Horas Hombre	S/. 41,608.03

Fuente: Elaboración propia

Luego de haber obtenido el costo total de horas hombre de cada tipo de Puente; entonces, se podrá obtener el costo del primer plan agregado:

Costo del Plan Agregado

$$= \text{Costo total de HH Pte. tipo Alma Llena} + \text{Costo total de HH Pte. tipo Reticulado}$$

Para lo que respecta al primer Plan agregado basado en la Fuerza laboral Estable actual – con Contratación del 43% y alta Subcontratación (Terceros) al 40%, dando un costo de S/. 186, 680.56 Soles.

Sin embargo, se realizó un diagnóstico situacional donde permitió identificar a través del instrumento Ishikawa que el factor mano de obra está generando incumplimientos en la entrega de proyectos y causando así un pago de penalización por estos días de retraso. Por ello, la empresa trabaja con un grado de dependencia de terceros la cual es baja o de nivel medio permitiendo así cuantificar el riesgo como negativa a un multiplicador de 0.3 y el criterio de nivel medio o neutral en un 0.5.

Estos criterios de dependencia de terceros permiten diferenciar al plan actual de la empresa con los distintos diseños de plan agregados elaborados más adelante.

En la tabla 24 se consideró utilizar el grado de dependencia del 0.3 para el puente tipo Alma Llena, para este punto se está considerando utilizar la venta estimada 2017 la cual es S/ 13, 825,373.62 Soles, según los resultados obtenidos es mayor al puente tipo Reticulado con S/ 1, 515,525.53 Soles, lo cual genera mayor horas hombre laborables por ende mayor riesgo al depender de la contratación y subcontratación. Para el siguiente puente se considera el criterio al nivel medio o neutral de un 0.5.

Tabla 24:

Plan Agregado considerando Costo por riesgo de dependencia de terceros

Grado de dependencia de terceros - Puente Alma Llena	0.3%
Grado de dependencia de terceros - Puente Reticulado	0.5%
Costo de dependencia de terceros-Puente Alma Llena	S/.41,476.12
Costo de dependencia de terceros-Puente Reticulado	S/.7,577.63
Costo del Plan Agregado	S/.186,680.56
Costo del Plan Agregado (Considerando riesgo)	S/.235,734.31

Fuente: Departamento de Producción – SIMA Metal Mecánica y Elaboración propia.

Costo del Plan Agregado (Considerando Riesgo)

$$= \text{Costo de dependencia de terceros Pte. tipo Alma Llena} + \text{Costo de dependencia de terceros Pte. Tipo Reticulado} + \text{Costo del Plan Agregado}$$

Para lo que respecta al primer Plan Agregado considerando riesgo por dependencia de terceros arroja un costo de S/. 235,734.31 Soles.

La tabla 25, muestra el resumen de los cinco planes agregados elaborados con sus respectivos costos de fuerza laboral; el primero costo es sin considerar el grado de riesgo por dependencia de

terceros en la cual al evaluar se observa que el plan más bajo y más factible es el Plan Agregado N°02 con un costo de S/. 168,778.30 Soles, pero con un costo de penalización mayor a los Planes Agregados N°03,04 y 05. Es por ello que la empresa al optar trabajar con este plan va a seguir presentado aumento de costos por penalidades y generando incumplimientos en la entrega de pedidos; lo cual llevaría también a la insatisfacción a sus clientes.

Costo de Penalización del Plan Agregado

$$= \text{Costo del Plan Agregado} - \text{Costo del Plan agregado (Considerando riesgo)}$$

Tabla 25:

Resumen de los costos en los Planes Agregados y sus costos por penalización

PLANES AGREGADOS	COSTO DEL PLAN AGREGADO	COSTO DEL PLAN AGREGADO (Considerando riesgo)	COSTO POR PENALIZACIÓN
Plan Agregado N° 01: Capacidad actual de la empresa	S/. 186, 680.56 Soles	S/. 235,734.31 Soles	S/. 49,053.75 Soles
Plan Agregado N° 02: Fuerza laboral actual – con alta Contratación del 55% y Subcontratación (Terceros) al 29%	S/. 168, 778.30 Soles	S/. 226,727.14 Soles	S/. 57,948.83 Soles
Plan Agregado N° 03: Fuerza laboral estable alta con Contratación del 22% y Subcontratación (Terceros) al 40%	S/. 197, 331.32 Soles	S/. 242,830.45 Soles	S/. 45,499.13 Soles
Plan Agregado N° 04: Fuerza laboral estable – con Contratación del 28% y alta Subcontratación (Terceros) al 55%	S/. 210, 651.99 Soles	S/. 242,643.57 Soles	S/. 31,991.58 Soles
Plan Agregado N° 05: Fuerza laboral estable y con Contratación al 24% con sobretiempo y Subcontratación (Terceros) al 60%	S/. 285, 964.30 Soles	S/. 312,979.41 Soles	S/. 27,015.11 Soles

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de poder reducir las penalizaciones lo cual permitirá mejorar el planeamiento y control de la producción, se realizó la tabla 26 donde se comparó el diseño de los distintos Planes agregados con el plan actual de la empresa. La finalidad es que se disminuya las penalizaciones en los proyectos, además de afectar los costos de horas hombre.

Para la elaboración de la tabla primeramente se determinó la disminución del costo por penalización de los distintos Planes Agregados diseñados frente al plan actual. Luego, se calculó el costo por aumento de fuerza laboral esto debido a que se realizó nivelaciones en cada diseño basándose en el plan actual. Posteriormente, se halló el plan con un mayor indicador de disminución de penalizaciones. Después, se pasó a utilizar la venta estimada para el año 2017 (Venta total de ambos puentes) y eso permitió obtener el costo y el porcentaje específico que la empresa tiene que asumir por aplicar cada Plan Agregado seleccionado.

Tabla 4:

Cuadro comparativo de los Planes agregados diseñados y el Plan actual

DIFERENTES DISEÑOS	DISMINUCIÓN DEL COSTO POR PENALIZACIÓN	COSTO POR AUMENTO DE LA FUERZA LABORAL	% DE REDUCCIÓN DE LA PENALIZACIÓN	VENTA ESTIMADA - AÑO 2017	COSTO ESPECIFICO AL HABER APLICADO EL PLAN	% COSTO ESPECÍFICO SOBRE LA VENTA ESTIMADA - AÑO 2017
--------------------	--	--	-----------------------------------	---------------------------	--	---

Plan Agregado N°02	S/. -8,895.08	S/. -17,902.25	0.50	S/. 15,340,899.15	S/. 9,007.17	0.06%
Plan Agregado N°03	S/. 3,554.62	S/. 10,650.77	0.33	S/. 15,340,899.15	S/. -7,096.15	-0.05%
Plan Agregado N°04	S/. 17,062.17	S/. 23,971.44	0.71	S/. 15,340,899.15	S/. -6,909.26	-0.05%
Plan Agregado N°05	S/. 22,038.64	S/. 99,283.74	0.22	S/. 15,340,899.15	S/. - 77,245.10	-0.50%

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, luego de realizar los distintos diseños de Planes agregados y evaluarlos. Se seleccionó como el que minimiza los costos y mejora el planeamiento y control de la producción al Plan agregado N°04, debido que a comparación de los otros planes agregados diseñados es el que guarda un indicador mayor entre la disminución de penalizaciones y el costo por aumento de la fuerza laboral con un 0.71. Por lo tanto, la empresa debe asumir un costo específico de S/ 6,909.26 Soles.

Entonces, la disminución de los costos por penalización del diseño del Plan Agregado N°04 frente al Plan Agregado N°01 (Capacidad actual de la empresa) es del 34.78% correspondiente a S/ 17,062.17 Soles y un costo por aumento de la fuerza laboral de un 12.88% es decir S/. 23,971.44 Soles.

Discusión

En el desarrollo de la investigación se realizó un análisis situacional, en la cual se pudo realizar el estudio en base a los factores que intervienen al incumplimiento de entrega de proyectos, fue necesario utilizar el diagrama de Ishikawa; los autores Chase y Jacobs (2009) afirman que es un instrumento que organiza en primer intento un problema de consultoría (y causan una gran impresión cuando se utilizan para analizar). El resultado de este análisis nos arroja que el factor que más influye es la mano de obra, a partir del cual se centra la investigación para el diseño de las distintas estrategias de planeación agregada. Posteriormente para la proyección de la demanda se tomó datos desde los años 2012 al 2013 donde se pudo observar que las ventas a través de los años tuvieron comportamientos cíclicos y estacionales; en base a esta afirmación se selecciona el mejor método de pronóstico con el menor error, para este estudio se tomó las herramientas estadísticas como el análisis de correlación y regresión que se utilizan fácilmente con hojas de cálculo.

Por otro lado, para el diseño de las estrategias de planeación agregada se determinó la ratio de horas hombre por tonelada; ante ello Del Rey y Laviña (2008) explican que es un indicador utilizado en cualquier operación de trabajo y se refiere al trabajo completado e ininterrumpido por un trabajador. El promedio obtenido se basa de las horas hombre consumidas entre los años estudiados en ambos tipos de puentes. El cálculo sirve para multiplicar el pronóstico del acero procesado en toneladas con el ratio estimado y así determinar las horas hombre que se necesitan para el diseño de los distintos planes agregados. Las horas hombre requeridas para el Puente tipo Alma Llena es de 16,838.07 HH y para el Puente tipo Reticulado de 4,829.30 HH. A continuación, se realizó la nivelación de los planes agregados basados en la fuerza laboral, ante ello amerita postular a Caballosa, Tarres y Baranza (2014) quienes afirman que para la elaboración del plan agregado es importante hacer el diseño de varias propuestas basadas en diferentes estrategias y medidas que se ajusten a la capacidad, para luego poder elegir entre ellas la mejor opción.

En la evaluación y selección del plan agregado, el costo del plan seleccionado es de S/. 242, 643.57 Soles con una reducción de penalización del 34.78%; si se sigue incrementando o disminuyendo la fuerza laboral, puede que el costo del Plan Agregado varíe.

López y Solis (2014), utilizan como criterio el cumplimiento de atención a la demanda y seleccionaron el Plan Agregado de menor costo (Estrategia donde nivelaron la fuerza laboral) para así poder cumplir con los objetivos que tiene la empresa, la cual viene relacionado con las ventas.

En la presente investigación a comparación de los autores se optó por tomar como criterio las penalizaciones que se vienen presentando en la empresa, considerando que el Plan agregado indicado es el N°04, pues su fuerza laboral es de S/. 242,643.57 Soles debido a que el Plan agregado actual de la empresa y el Plan Agregado N°02 tienen menores costos, pero mayor costo en lo que respecta a penalizaciones; y el costo de penalización es de S/. 31,991.58 Soles ya que el Plan agregado N°05 tiene menor costo de penalización, pero mayor costo de fuerza laboral.

Miñan (2013) sostiene que es necesario realizar una metodología para la elección y comparación de métodos cuantitativos de pronósticos, lo cual servirá como base para empezar con la planificación del Plan Agregado. El enfoque que tuvo el actor fue económico y no tomo variables como el clima organizacional, la productividad, entre otros. Por tanto, la metodología que se utilizó en la presente investigación para el cálculo de los pronósticos es la aplicación de la Regresión lineal múltiple que consiste en el método de series de tiempo ya que generan menor margen de error. Además, al igual que el autor el enfoque que dado fue económico considerando algunos factores que están interviniendo a que los costos sean elevados y estén afectando el planeamiento y control de producción.

Molina (2013) sostiene que la data obtenida de los costos por contratación y subcontratación permite el diseño de cada Plan Agregado, ya sea en la que se elabora en el Microsoft Excel (Plan tradicional) como con programación lineal. El cálculo de los diferentes modelos de planes de producción, como el método tradicional y con la programación lineal permite que la empresa tenga alternativas que le ayuden a cumplir con una determinada producción, donde se pueda comprobar la efectividad que tiene el haber empleado el modelo de programación lineal, la cual permite principalmente aumentar la productividad con respecto a los recursos (principalmente los limitados y costosos) y para con eso reducir sus costos que se le presenta al momento de su producción; sus cálculos le arrojan un precio de \$. 218.465,84, siendo el costo menor a comparación de sus otros dos diseños de Planes Agregados. Se coincide con el autor debido a que los costos que se le da a un trabajador estable, a un contrato y un subcontratado permiten elaborar distintos diseños de Planes Agregados. El autor opto por incluir la programación lineal, en la presente investigación se utilizó el Microsoft Excel que a pesar de tener técnicas adecuadas para el patrón de datos históricos; solo brinda un resultado lo cual es una limitación debido a que no permite diferentes alternativas que la empresa puede tomar conforme a los objetivos que tiene y a su situación actual.

Conclusiones

El Plan Agregado mejora el planeamiento y control de la producción de la Empresa SIMA Metal Mecánica - Chimbote, 2017; disminuyendo en 34.78% las penalizaciones con un costo diferencial del S/ 6,909.26 Soles aplicando el Plan Agregado N°04 con una fuerza laboral Estable – con Contratación del 28% y alta Subcontratación (Terceros) al 55%.

El instrumento Ishikawa arrojó que el factor mano de obra está interfiriendo a que no se minimicen los costos de penalizaciones y generen un mal planeamiento y control de producción.

La técnica de regresión lineal múltiple; arrojó que la venta pronosticada 2017 en cuanto al Puente tipo Alma llena de S/. 13, 825,373.62 Soles y de acero procesado de 194,278.00 kilogramos. Para lo que respecta al Puente tipo Reticulado su venta pronosticada 2017 es S/. 1, 515,525.53 Soles y de acero procesado de 26,732.92 kilogramos.

Se diseñó estrategias de Planeación Agregada: El primero con la nivelación de la fuerza laboral actual – con Contratación del 43% y Subcontratación (Terceros) al 40%, el segundo con nivelación de fuerza laboral actual – con alta Contratación del 55% y Subcontratación (Terceros) al 29%, el tercero con nivelación de fuerza laboral estable alta – con Contratación del 22% y Subcontratación (Terceros) al 40%, el cuarto con nivelación de fuerza laboral estable – con Contratación del 28% y alta Subcontratación (Terceros) al 55% y el quinto con nivelación de la fuerza laboral estable y con Contratación al 24% con sobretiempo y Subcontratación (Terceros) al 60%.

Se evaluó y se seleccionó el Plan Agregado N°04 con una fuerza laboral de S/. 242,643.57 Soles; y con menor costo de penalización de S/. 31,991.58 Soles.

Referencias bibliográficas

Caballosa, A, Tarres, L. y Baranza, X. (2014) Dirección de operaciones: Decisiones tácticas y estratégicas. Barcelona: Editorial UOC. 186pp.

Cáceres, D. y Cárle, G. (2009). Los contratos en el marketing internacional. ESIC Editorial, 391pp.

Cegarra, J. (2011). Metodología de la investigación científica y tecnológica. Madrid: Ediciones Díaz de Santos. 372pp.

Del Rey, J. y Laviña, J. (2008). Criterios e indicadores de la excelencia en la innovación empresarial. Madrid: EOI Esc. Organiz. Industrial. 241pp

Chase, R., Jacobs, R. y Aquilano, N. (2009). Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. 12a ed. México: McGraw Hill México.800pp.

Heizer, J. y Render, B. (2004). Principios de administración de operaciones. 7. a ed. México: Pearson Educación.762pp.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). Metodología de la investigación. 4. a.ed. México: Mcgraw-hill. 850pp.

López, G. y Solis, J. (2014). *Plan agregado de producción y la productividad en el proceso de producción de conservas de pescado- empresa Panafoods S.A. 2014*. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Perú: Universidad José Faustino Sánchez Carrión. 52pp.

Miñan, G. (2013). *Diseño de un sistema de planeación agregada para la producción de envases metálicos en una empresa manufacturera de la ciudad de Chimbote*. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Perú: Universidad Cesar Vallejo. 108pp.

Molina, C. (2013). *Plan agregado de producción para el mejoramiento de la productividad de Empresa Ecuatoriana de curtidos S.A.* Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. 207pp.