

UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZÁN” DE HUÁNUCO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA E.A.P. DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**“PROPUESTA DE MODELO DE REGRESIÓN LINEAL CONSIDERANDO
LA INFLUENCIA DE LOS FACTORES DE AFECTACIÓN EN LOS
RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA EN
EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO CON SISTEMAS
APORTICADOS O DUALES EN LA ZONA URBANA DE HUÁNUCO”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

TESISTA

Joseph Genix Loarte Pardavé

ASESOR: Ing. José Luis Villavicencio Guardia

**HUÁNUCO – PERÚ
2016**

DEDICATORIA

A Dios, Por darme una vida maravillosa al lado de mis seres queridos, y ser guía en mi vida.

A mis queridos padres Celestino Loarte Alvarado y Juana Pardavé Alminco, por su permanente e incansable apoyo y su enseñanzas para afrontar la vida.

A mi hermano Michael H. Loarte Pardavé, Por su apoyo incondicional, sin el cual no hubiese sido posible este proyecto.

AGREDECIMIENTOS

A mi asesor de tesis, Ing. José Luis Villavicencio Guardia, por la orientación y ayuda que brindó para la realización de esta tesis.

Al Ing. Luis Fernández Ospino, al Bach. Ing. Raúl Talenas Quispe, quienes con su apoyo hicieron posible la culminación de este trabajo.

A mis colegas y amigos, quienes estuvieron pendientes del avance del trabajo, que con su motivación y apoyo hicieron posible mantenerme firme hasta culminar esta investigación.

El tesista.

RESUMEN

En la elaboración de presupuestos en proyectos de construcción se utilizan rendimientos correspondientes a una recomendación de la Cámara Peruana de la Construcción CAPECO y los rendimientos mínimos de mano de obra cuyo origen data de 1968, ambos estándares son aplicables a las provincias de Lima y Callao del Departamento de Lima, lo cual implica que el control y programación de obras en nuestra ciudad no sean eficientes; ya que la realidad de nuestra ciudad es muy diferente con la capital si tomamos en cuenta la topografía, clima, tipo de condición física de las personas, etc.

Este trabajo tiene por objetivo plantear modelos de regresión lineal considerando la influencia de los factores de afectación (Economía General, Aspectos laborales, Clima, Actividad, Equipamiento, Supervisión, Trabajador, Sistema de administración en obra y Gestión de riesgos) para predecir los consumos y rendimientos reales de la mano de obra en actividades más representativas en edificaciones en la Provincia de Huánuco. Para tal propósito se utilizó como base la metodología desarrollada por los ingenieros Antonio Cano R. y Gustavo Duque V., en el año 2000.

El seguimiento y medición del consumo de mano de obra se realizó en el periodo comprendido entre octubre del 2015 y febrero del 2016, obteniéndose datos suficientes para ser analizados estadísticamente. Como resultado, se creó una base de datos sobre consumos de mano de obra que incluye los factores que inciden sobre dicho consumo, los cuales pueden servir de referencia para edificaciones de similar características que

se construyan en Huánuco. Y como aplicación práctica de la investigación, se desarrolló un software en el cual es posible predecir el consumo de mano de obra en las actividades estudiadas, a partir de la calificación de los factores de afectación.

SUMMARY

In budgeting in construction projects yields corresponding to a recommendation of the Peruvian Chamber of Construction CAPECO and minimum yields of labor whose origin dates back to 1968 are used, both standards are applicable to the provinces of Lima and Callao Department of Lima, which means that the control and programming of works in our city are not efficient; since the reality of our city is very different with the capital if we consider the topography, climate, type of physical condition of people, etc.

This paper aims to raise linear regression models considering the influence of factors of involvement (General Economy, Labor Issues, Climate, Activity, Equipment, Monitoring, Worker, System administration work and Risk Management) to predict consumption and real returns on labor in activities more representative in buildings in the province of Huánuco. For this purpose was used based on the methodology developed by engineers Antonio Cano R. and V. Gustavo Duque, in 2000.

Monitoring and measurement of consumption of labor took place in the period between October 2015 and February 2016, obtaining sufficient data to be analyzed statistically. As a result, a database on labor consumption including the factors affecting energy consumption, which can serve as a reference for building similar features to be built in Huánuco was created. And as a practical application of research, a software in which it is possible to predict the consumption of labor in the activities studied, from the classification of the factors affecting it developed.

ÍNDICE

RESUMEN	v
SUMMARY	vii
ÍNDICE	viii
INDICE DE CUADROS	xi
INDICE DE TABLAS	xiii
INDICE DE GRÁFICOS	xiv
INDICE DE ESQUEMAS	xiv
INDICE DE FORMULARIOS	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
 CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	
I.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
I.1.1. REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS	18
I.1.2 CONCEPTOS FUNDAMENTALES	28
I.1.2.1. RENDIMIENTO Y CONSUMO DE MANO DE OBRA:	28
I.1.2.2. TEORÍA DEL CONSUMO DE MANOS DE OBRA	29
I.1.2.3. FACTORES DE AFECTACIÓN DE LOS RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA	29
I.1.2.4. GESTIÓN DE RIESGOS EN LA CONSTRUCCIÓN	39
I.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	43
I.2.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL	43
I.2.2. FORMULACIÓN DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS	43
I.3. OBJETIVOS	44

I.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	44
I.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	44
I.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	45
I.5. LIMITACIONES Y ALCANCES	46
I.6. HIPÓTESIS (H. ESTADÍSTICAS DE CORRELACIÓN)	48
I.7. SISTEMA DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES.....	48
I.8. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES.....	49
I.9. UNIVERSO/POBLACIÓN Y MUESTRA.....	51
I.9.1. DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO/POBLACIÓN.....	51
I.9.2. SELECCIÓN DE LA MUESTRA	51
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO	
II.1. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	53
II.2. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN	53
II.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	53
II.4. METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	53
II.4.1. ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE AFECTACIÓN.....	53
II.4.2. IDENTIFICACIÓN DE FACTORES PARA EL CASO HUÁNUCO	58
II.4.2.1. ECONOMÍA GENERAL.....	58
II.4.2.2. ASPECTOS LABORALES	61
II.4.2.3. CLIMA.....	62
II.4.2.4. ACTIVIDAD.....	63
II.4.2.5. EQUIPAMIENTO.....	64
II.4.2.6. SUPERVISIÓN.	64

II.4.2.7. TRABAJADOR.....	65
II.4.2.8. SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN EN OBRA	66
II.4.2.9. GESTIÓN DE RIESGOS.....	66
II.4.3. SELECCIÓN DE ACTIVIDADES A MEDIR	67
II.4.3.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS OBRAS DONDE SE REALIZARÁ EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	67
II.4.3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A ANALIZAR.	69
II.4.3.3. DISEÑO DE FORMULARIO PARA LA TOMA DE DATOS.	87
II.4.4. LEVANTAMIENTO Y PROCESAMIENTO DE DATOS.	89
II.4.4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS.	89
II.4.4.2. REGISTRO DE LA INFORMACIÓN.	89
II.4.4.3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	89
 CAPÍTULO III: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
III.1. CONSUMOS NORMALIZADOS EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN	96
III.1.1. PROCESAMIENTO DE DATOS DE CONSUMO.....	96
III.1.2. ELIMINACIÓN DE DATOS EXTREMOS DEL CONSUMO.....	103
III.1.3. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE DEL CONSUMO.....	103
III.2. ANÁLISIS DEL COSTO DE MANO DE OBRA A PARTIR DEL CONSUMO NORMALIZADO	109
III.3. MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL PARA CONSUMOS DE MANO DE OBRA EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN.	112
III.3.1. ANÁLISIS DE REGRESIÓN	113
III.3.2. ECUACIONES DE REGRESIÓN.....	123
III.4. SOFTWARE PARA CÁLCULO DEL CONSUMO DE MANO DE OBRA EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN.....	124

CONCLUSIONES	125
SUGERENCIAS	127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128
ANEXOS:	
ANEXO 1: EDIFICACIONES OBJETO DE INVESTIGACIÓN	131
ANEXO 2: ANÁLISIS DE RIESGOS DE LAS OBRAS EN ESTUDIO	137
ANEXO 3: REGISTRO DE INFORMACIÓN RECOPIADA EN OBRAS.	156
ANEXO 4: CÁLCULO GLOBAL DE CONSUMOS, RENDIMIENTOS Y FACTORES DE AFECTACIÓN.	157
ANEXO 5: CÁLCULO ESTADÍSTICO.	158
ANEXO 6: ANÁLISIS DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL.....	175
ANEXO 7: MANUAL DEL SOWFARE PARA CÁLCULO DEL CONSUMO DE MANO DE OBRA EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN.....	191
 <u>INDICE DE CUADROS</u>	
CUADRO 1: COMPARACIÓN ENTRE RENDIMIENTOS DE ESTUDIO OBTENIDOS Y DE LA CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN (CAPECO).	20
CUADRO 2: CLASIFICACIÓN POR TIPO DE PROYECTO	21
CUADRO 3: CLASIFICACIÓN POR TIPO DE EMPRESA	22
CUADRO 4: CLASIFICACIÓN SEGÚN EL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN EN OBRA	23
CUADRO 5: RESULTADOS GENERALES DE MEDICIONES DE OCUPACIÓN DEL TIEMPO DE 50 OBRAS EN LIMA	24

CUADRO 6: DATOS ESTADÍSTICOS DE PRODUCTIVIDAD	25
CUADRO 7: COMPARACIÓN ENTRE RENDIMIENTOS DEL ESTUDIO	27
CUADRO 8: ESCALA DE EFICIENCIA EN LOS RENDIMIENTOS	29
CUADRO 9: CLASES Y CATEGORÍAS DE FACTORES	30
CUADRO 10: TABLAS DE PROBABILIDAD E IMPACTO	41
CUADRO 11: IDENTIFICACIÓN DE OBRAS EN CONSTRUCCIÓN	47
CUADRO 12: MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA INVESTIGACIÓN	50
CUADRO 13: RANGOS DE AFECTACIÓN DE CADA FACTOR	55
CUADRO 14: RANGOS CON EQUIVALENCIAS.....	56
CUADRO 15: CRITERIOS PARA CALIFICAR LOS FACTORES AFECTACIÓN	57
CUADRO 16: VALORES DE FACTOR DE AFECTACIÓN ECONOMÍA GENERAL	61
CUADRO 17: VALORES DE FACTOR DE AFECTACIÓN “ASPECTOS LABORALES”	62
CUADRO 18: DATOS CLIMÁTICOS DE LAS CAPITALES DE DEPARTAMENTO (HUÁNUCO).....	63
CUADRO 19: FACTOR CATEGORIA ACTIVIDAD.....	64
CUADRO 20: FACTOR CATEGORIA EQUIPAMIENTO.....	64
CUADRO 21: FACTOR CATEGORIA SUPERVISIÓN	65
CUADRO 22: FACTOR CATEGORIA TRABAJADOR	65
CUADRO 23: FACTOR CATEGORIA SISTEMA DE ADMINISTRCIÓN EN OBRA	66
CUADRO 24: FACTOR CATEGORIA GESTIÓN DE RIESGOS	67
CUADRO 25: EDIFICACIONES ESCOGIDAS PARA EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	68
CUADRO 26: ANÁLISIS LEY DE PARETO	70

CUADRO 27: CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS EN UNA ACTIVIDAD	71
CUADRO 28: CÁLCULO DE PROMEDIO DE CONSUMOS Y RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA.....	91
CUADRO 29: CÁLCULO DE PORCENTAJE PROMEDIO EN CATEGORÍAS DE FACTORES DE AFECTACIÓN.....	92
CUADRO 30: CÁLCULO DE PORCENTAJE GLOBAL DE AFECTACIÓN	93
CUADRO 31: RESUMEN – CONSUMOS NORMALIZADOS.	108
CUADRO 32: RENDIMIENTOS DIARIOS.	110
CUADRO 33: PORCENTAJE COSTO PAGADO / COSTO ESTUDIO.....	111
CUADRO 34: MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL PARA CONSUMO DE MANO DE OBRA EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN.....	123

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: RESUMEN ESTADÍSTICO PARA CONSUMO MURO SOGA.	91
TABLA 2: DE FRECUENCIAS PARA CONSUMO MURO SOGA.	100
TABLA 3: INTERVALOS DE CONFIANZA PARA CONSUMO MURO SOGA	101
TABLA 4: PRUEBA CHI-CUADRADA	104
TABLA 5: PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV.....	104
TABLA 6: P-VALORES ASOCIADOS A LOS CONTRASTES DE REGRESIÓN INDIVIDUAL	115
TABLA 7: P-VALORES ASOCIADOS A LOS CONTRASTES DE REGRESIÓN INDIVIDUAL - CORREGIDO	116
TABLA 8: ANÁLISIS DE VARIANZA	116
TABLA 9: PRUEBA DE IGUALDAD DE LEVENE DE VARIANZAS DE ERROR	120

INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: PRODUCTO BRUTO INTERNO: 2008 – 2017	59
GRÁFICO 2: PBI GLOBAL Y PBI CPNSTRUCCIÓN 2011	60
GRÁFICO 3: REGISTRO DE DATOS EN HOJA ELECTRÓNICA	96
GRÁFICO 4: EXPORTACIÓN DE DATOS DE CONSUMO A STATGRAPHICS	97
GRÁFICO 5: CAJA Y BIGOTES: CONSUMO MURO SOGA	99
GRÁFICO 6 HISTOGRAMA: MURO SOGA	101
GRÁFICO 7 : PROBABILIDAD NORMAL: MURO SOGA	102
GRÁFICO 8: HISTOGRAMA - PROBABILIDAD NORMAL: MURO SOGA	105
GRÁFICO 9: REGISTRO DE DATOS EN HOJA ELECTRÓNICA.....	113
GRÁFICO 10: EXPORTACIÓN DE DATOS DE CONSUMO A STATGRAPHICS ..	114
GRÁFICO 11: DISTRIBUCIÓN RESIDUAL EN FUNCIÓN DE LOS VALORES PREDICHOS, AMBOS ESTANDARIZADOS	119
GRÁFICO 12: PROBABILIDAD NORMAL P-P RESIDUOS ESTANDARIZADOS .	120
GRÁFICO 13: PRUEBA KOLMOGOROV-SMIRNOV	121

INDICE DE ESQUEMAS

ESQUEMA 1: PROCESO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS FACTORES DE AFECTACIÓN	91
ESQUEMA 2: PROCESO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS FACTORES DE AFECTACIÓN	93
ESQUEMA 3: PROCESO: ANÁLISIS DE REGRESIÓN	112

INDICE DE FORMULARIOS

FORMULARIO 1: PARA TOMA DE DATOS	88
--	----

INTRODUCCIÓN

En el proceso del desarrollo de un proyecto de construcción, la elaboración del presupuesto y la programación de obra juegan un papel fundamental, ya que establecen anticipadamente el costo y la duración del mismo, indispensables para determinar la viabilidad del proyecto.¹

Para efectuar los análisis de precios unitarios, es recomendable el uso de manuales de costo, banco de datos y uso de referencias históricas de costos y debe ser posible visitar la obra o conocer suficientes detalles acerca de su construcción. Si es una obra pequeña y hasta mediana el Ingeniero Residente se encargará de recolectar datos correspondientes a costos directos y rendimientos, para poder establecer un cuadro comparativo de rendimientos establecidos.³ Es decir los rendimientos y consumos utilizados deben ser fundamentados en múltiples observaciones y análisis estadísticos, que considere las condiciones particulares que afectan a las diferentes actividades de construcción.

Por eso la razón de esta tesis, establecer una base de datos con los consumos y rendimientos reales, considerando los factores que influye en estos, y luego plantear modelos ajustados (ecuaciones). Constituyendo esta investigación un aporte al estudio de la productividad en el sector de la construcción.

El Primer Capítulo trata del Marco Teórico donde se aprecia los antecedentes y formulación del problema, los objetivos; justificación y limitaciones de la investigación; también la hipótesis, las variables, los indicadores; la población y la

muestra.

El Segundo Capítulo trata del Marco metodológico, aquí se desarrolla el nivel y Tipo de Investigación; técnicas de recolección y tratamiento de datos y el Método de estudio, el cual es la metodología desarrollada por los ingenieros Antonio Cano R. y Gustavo Duque V., en el año 2000 en su trabajo de investigación para la COMACOL.

El Tercer Capítulo trata de la Discusión de Resultados, se plantean los Consumos Normalizados obtenidos en el estudio; se hace un análisis del costo de mano de obra a partir del consumo normalizado, y se plantean ecuaciones de Regresión Lineal complementado con un Sowfare.

Finalmente se tiene las Conclusiones de la investigación y Sugerencias así como futuras líneas de investigación.

CAPITULO I:

MARCO TEÓRICO

- I.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN
- I.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA
- I.3. OBJETIVOS
- I.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA
- I.5. LIMITACIONES Y ALCANCES
- I.6. HIPÓTESIS
- I.7. SISTEMA DE VARIABLES – DIMENSIONES E INDICADORES
- I.8. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES.
- I.9. UNIVERSO/POBLACIÓN Y MUESTRA

I.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

I.1.1. REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS

I.1.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Calle, C. (2012) en su estudio denominado **“Análisis de los rendimientos de mano de obra, equipo y materiales en edificaciones de hasta tres plantas en la ciudad de Azogues”** deja ver que, obligatoriamente, las diferentes instituciones y entidades inmiscuidas en la industria de la construcción deben fijar nuevos consumos para la mano de obra, equipo y herramienta acordes al elemento que se construya y a su posición (ubicación – altura).

En la investigación concluye:

- Para este trabajo de investigación se tomó como base el estudio desarrollado por los ingenieros Antonio Cano R. y Gustavo Duque V. , quienes plantearon una metodología para la toma de datos en obra determinando los factores de afectación que influyen en los consumos y rendimientos de mano de obra en actividades de construcción.
- La metodología empleada, dependiendo del alcance que se pretenda dar al estudio y del tiempo que se le quiera dedicar, se considera muy buena, por lo que se recomienda que los trabajos futuros vinculados con este tema, empleen la metodología utilizada, de tal forma que se enriquezca la base de datos obtenida y permita incrementar las observaciones de las actividades investigadas o en nuevas actividades.

- Las categorías Economía General y Laboral pertenecientes a los factores de afectación evaluados, se los consideró constantes, por lo que para nuevos estudios estos datos deberán compararse permitiendo, de esta forma, determinar la influencia de estos factores en los consumos y rendimientos de mano de obra.
- El número de observaciones para los consumos de mano de obra estudiados debe ser el mayor posible, pues el hecho de cumplir la condición de pertenecer a una distribución normal no es suficiente. Debe propenderse a que los indicadores que determinan la normalidad de distribución sean los óptimos.

Botero, L. (2002) realizó un trabajo de investigación denominado **“Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción”**.

En la investigación concluye que las ecuaciones presentadas como modelos para predecir el consumo de la mano de obra teniendo en cuenta los factores de afectación, muestran la significativa correlación entre el consumo y algunas variables independientes. Es decir, son estadísticamente válidos y responden a una tendencia después de procesar y analizar múltiples observaciones.

I.1.1.2. A NIVEL NACIONAL

Damián, K. y Soto, H. (2014) realizaron un trabajo de investigación denominado **“Propuesta de Rendimiento de Mano de Obra en Excavaciones**

de la Ciudad de Huancayo” donde concluyen que los resultados de rendimientos de su estudio son distintos pero guardan relación con los datos existentes de las distintas organizaciones y cámaras de construcciones vigentes, donde los resultados obtenidos favorecen al contratista puesto que a menor rendimiento mayor presupuesto para la obra, de la misma manera perjudicará a la entidad en la elaboración de sus expedientes técnicos concerniente a las excavaciones manuales pues a menores rendimientos mayor presupuesto en la ejecución de la obra y mayor tiempo de ejecución.

Para encontrar los rendimientos de mano de obra en excavaciones más cercano a la realidad se aplicó la media aritmética, mediana y desviación estándar.

CUADRO 1: COMPARACIÓN ENTRE RENDIMIENTOS DE ESTUDIO OBTENIDOS Y DE LA CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN (CAPECO).

PARTIDAS	UND	Rendimientos mínimos de estudio	Rendimientos mínimos (CAPECO)
RENDIMIENTO DE EXCAVACIONES A PROFUNDIDA DE 1.00 m	m3	3.52	4
RENDIMIENTO DE EXCAVACIONES A PROFUNDIDA DE 1.40 m	m3	3.44	3.5
RENDIMIENTO DE EXCAVACIONES A PROFUNDIDA DE 1.70 m	m3	3.14	3

Fuente: Damián, K y Soto, H (2014): “PROPUESTA DE RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA EN EXCAVACIONES DE LA CIUDAD DE HUANCAYO”.

Guio, V. (2001), realizó la publicación de un libro titulado **“Productividad en Obras de Construcción”**.

En esta investigación afirma que “el sistema de administración de obra empleado es un factor determinante en el nivel de productividad”, conclusión obtenida a partir de su participación como asesor de la tesis desarrollada por Flores, Salízar y Torre (2000). Se analizaron 50 obras en Lima principalmente el área de edificación, para determinar el nivel de productividad.

Se clasificaron estas obras de acuerdo a:

- Tipo de proyecto
- Tipo de empresa
- Sistema de Administración de obra

La clasificación por tipo de proyecto se centró en la magnitud de cada proyecto, basándose en el monto de obra así como en el grado de supervisión por parte del propietario, como se puede apreciar en el siguiente cuadro:

CUADRO 2: CLASIFICACIÓN POR TIPO DE PROYECTO

TIPO	Monto del Proyecto	Grado de supervisión por parte del dueño o empresa
A	>US\$ 1 500 000	De eventual a permanente
B	Hasta US\$ 1 500 000	De ninguno a eventual
C	<=US\$ 500 000	Ninguno

Fuente: Ghio, V (2001), “PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN”.

La clasificación por tipo de empresa tiene como objetivo identificar a la empresa según los resultados de su gestión en la administración de cada proyecto. Se buscó determinar la influencia de la empresa en factores como el tipo de organización, tecnología, seguridad y control administrativo de obra empleado. La clasificación utilizada para el tipo de empresa está definida mediante el siguiente cuadro:

CUADRO 3: CLASIFICACIÓN POR TIPO DE EMPRESA

	Empresa Tipo C	Empresa Tipo B	Empresa Tipo A
Organización	Maestro Permanente, ingeniero o arquitecto eventual o cualquiera de estas combinaciones	Maestro Permanente, ingeniero o permanente, asistente técnico permanente (no siempre).	Equipo de trabajo permanente, compuesto por: jefe de proyecto, ing. De producción, ing. De costos, administrador, maestro, asistentes.
Tecnología Utilizada	Mínima: Mezcladora, vibradores.	Equipos menores: sistemas mixtos de encofrado, winches, mezcladoras, vibradoras, concreto premezclado, equipos de trazo y replanteo, computadoras, etc.	Variedad de equipos: computadoras, mezcladoras, vibradoras, winches, grúas, plataformas verticales, fajas transportadoras, concreto premezclado, equipos de trazo y replanteo, equipos de movimiento de tierras, sistemas modernos de encofrado, etc.
Control Interno	Control Informal: recorridos de obra, cumplimiento de metas	Algún tipo de informe escrito, usualmente informes de avance y costos.	Reportes escritos de producción, avance y costos.
Seguridad en Obra	Ninguna o mínimas. La seguridad es responsabilidad de cada trabajador.	Parcial. Uso obligatorio de cascos, eventualmente equipos de menores de seguridad: líneas de vida, guantes, gafas, zapatos de seguridad, botas, cinturones de seguridad, señalización, etc.	Sistema de seguridad establecido (uso obligatorio de cascos, zapatos de seguridad, cinturones de seguridad, gafas, guantes, botas de jebe, líneas de vida, señalización, etc.)

Fuente: Ghio, V (2001), “PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN”.

La clasificación por el sistema de administración en obra busca identificar el tipo de administración empleado en la etapa de construcción. Se clasificó a las obras según los factores que determinan su influencia en la ejecución de las operaciones de producción en obra, como son: cómo es la planificación de operaciones, quién las realiza, la frecuencia de su actualización y la forma en que se transmite al

personal de producción, así como el nivel del diseño de operaciones y la forma de distribución de los recursos en obra. Ver el Cuadro 4.

CUADRO 4: CLASIFICACIÓN SEGÚN EL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN EN OBRA

	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V
Responsable de la planificación	El maestro general, quien esta permanente en la obra. El profesional responsable o el propietario visita la obra periódicamente con la finalidad de controlar el avance, etc.	El ingeniero es consciente de la planificación, por lo tanto establece metas semanales a ser cumplidas en obra, su presencia en obra responde a la verificación de cumplimiento de estas metas y el control de la calidad de la obra.	El ingeniero en base a una planificación que es realizada y actualizada por él mismo o por la empresa constructora, determinan metas diarias de producción en la obra	Existe un profesional responsable de la planificación el cual actualiza y reprograma las actividades, determinando la producción diaria en obra.	Existe un profesional responsable de la planificación el cual actualiza y reprograma las actividades, determinando la producción diaria en obra.
Actualización de la planificación	Ninguna	Ninguna o verificaciones Semanales	De ninguna a verificaciones diarias	Verificaciones semanales a reprogramación de la obra	Desde verificaciones diarias a reprogramación de la obra
Planificación de la utilización de recursos	El número de integrantes de las cuadrillas, el tiempo, materiales y equipos empleados para ejecutar determinada tarea, son determinados según la experiencia de los capataces o del maestro general.	El número de integrantes de las cuadrillas, el tiempo, materiales y equipos empleados para ejecutar determinada tarea, son determinados según la experiencia del ingeniero, capataces o maestro general.	El número de integrantes de las cuadrillas, el tiempo, materiales y equipos empleados para ejecutar determinada tarea, son determinados según la experiencia del ingeniero, capataces o maestro general, y en el mejor de los casos se establecen rendimientos mínimos.	El número de integrantes de las cuadrillas, el tiempo, materiales y equipos empleados para ejecutar determinada tarea, son determinados en gran medida por el ingeniero en coordinación con el maestro general, y en función de los rendimientos mínimos establecidos por el ingeniero o por la empresa.	El número de integrantes de las cuadrillas, el tiempo, materiales y equipos empleados para ejecutar determinada tarea, son determinados en gran medida por el ingeniero en coordinación con el maestro general, y en función de los rendimientos mínimos establecidos por el ingeniero o por la empresa.
Diseño de Procedimientos de Construcción	No se realiza	No se realiza	Se diseñan únicamente procesos constructivos específicos que envuelven casos complicados.	Se diseñan procesos constructivos específicos que envuelven casos complicados y algunas actividades representativas (en términos de monto de obra).	Se diseñan procesos constructivos específicos que envuelven casos complicados y algunas actividades representativas (en términos de monto de obra).
Transmisión de la Planificación	Los alcances de la planificación se transmiten en forma oral del maestro de obra a los capataces.	Las metas semanales quedan establecidas en forma oral, que el maestro transforma en tareas diarias para los obreros.	Las metas diarias provenientes de la planificación semanal, son transmitidas al maestro en forma oral, las cuales el maestro transforma en tareas diarias para los obreros.	La producción diaria, proveniente de la planificación, es transmitida al maestro general en forma escrita, el que a su vez da las instrucciones necesarias en forma oral a los capataces y jefes de cuadrilla.	La producción diaria, proveniente de la planificación, es transmitida al maestro general en forma escrita, el que a su vez da las instrucciones necesarias en forma oral a los capataces y jefes de cuadrilla.
Distribución de Recursos	El maestro general distribuye los recursos (mano de obra, materiales y quipos).	El maestro general distribuye los recursos (mano de obra, materiales y quipos).	El maestro general distribuye los recursos (mano de obra, materiales y quipos) bajo supervisión del ingeniero.	El maestro general distribuye los recursos (mano de obra, materiales y quipos) bajo supervisión del ingeniero.	El maestro general distribuye los recursos (mano de obra, materiales y quipos) según lo definido por el ingeniero.

Fuente: Ghio, V (2001), “PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN”.

Los resultados obtenidos en las 50 obras analizadas se resumen a continuación:

CUADRO 5: RESULTADOS GENERALES DE MEDICIONES DE OCUPACIÓN DEL TIEMPO DE 50 OBRAS EN LIMA

	TP	TC	TNC
VALORES PROMEDIO LIMA	28%	36%	36%
MÍNIMO TP	20%	35%	45%
MAXIMO TP	37%	36%	26%

Fuente: Ghio, V (2001), "PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN".

Finalmente concluye que no se ha encontrado una correlación entre los niveles productivos y el tamaño de la obra, ni tampoco con el tipo de empresa, pero si se puede afirmar que las empresas que ejercen un mayor y más profesional nivel de planificación en obra obtienen los mayores niveles de productividad en la muestra.

A continuación se describen las causas de perdidas, enfocándolas en la forma como se manifiestan dentro de los procesos constructivos, según lo observado de la investigación de campo:

- Cuadrillas sobredimensionadas
- Falta de supervisión
- Deficiencias en el flujo de materiales
- Mala distribución de instalaciones en obra
- Actitud del trabajador
- Falta de manejo de campo
- Mala calidad

- Deterioro de trabajos ya realizados
- Cambios en los diseños
- Falta de programación y control en el uso de equipos
- Trabajos lentos
- Falta de diseño de los procesos constructivos.

También presenta una comparación entre la productividad En el Perú, Chile y países desarrollados:

CUADRO 6: DATOS ESTADÍSTICOS DE PRODUCTIVIDAD

	En pises Desarrollados	En Chile	En el Perú (tesis PUCP 50 EDIF. EN Lima)
TP	60%	47%	28%
TC	25%	28%	36%
TNC	15%	25%	36%

Fuente: Ghio, V (2001), “PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN”.

I.1.1.3. A NIVEL REGIONAL

Valdivieso, M. (1990), realizó un estudio denominado: **“Investigación de los Rendimientos Promedios en Edificación en la ciudad de Huánuco y su Aplicación en un Proyecto”**, aquí menciona que la importancia primordial en tener como base el rendimiento promedio real va a determinar aproximadamente el costo detallado, el tiempo de ejecución, etc. de una obra de acuerdo a la realidad.

Al analizar los diferentes datos tomados en consideración para determinar el promedio en las diferentes partidas, del rendimiento, concluyó lo siguiente:

- El personal no es igual, se demuestra la existencia de diferentes individuos.
- El personal no está obligado a rendir por encima de lo normal o el mismo nivel que sus compañeros por el solo hecho de participar de una sola actividad, sino existen problemas y situaciones previas que condicionan a cada obrero en particular.
- **ECONOMICOS:** Los trabajadores con problemas de origen económico, falta de vestido, desnutrición, inestabilidad familiar, etc. No va a rendir igual que uno que posee vida tranquila, solo las excepciones que salgan de este marco general.
- **FAMILIARES:** Con los estados de conflictos hogareños va estrechamente ligado el problema económico, por lo común un hogar deshecho, supone un peligro mucho mayor que el de la simple carencia económica.
- **INDIVIDUALES:** Debe considerarse que los trabajadores que tengan bajos reflejos mentales van a rendir menos, no debe pasarse por alto la circunstancia de otros aspectos psicológicos que inciden negativamente tales como el carácter, la indisciplina, falta de interés, etc.
- **SOCIALES:** Desempeña un papel negativo para el rendimiento el “ingeniero improvisado” o el maestro negligente, o la influencia de personas que lo rodean.

En la construcción civil la comunicación es el medio más importante para el logro de los objetivos porque permite:

a) El subordinado conozca su tarea y lo que espera de él.

b) Sirve como medio de participación del subordinado en la señalización de los objetivos de la organización para ello es necesario entender y aceptar.

Además podemos observar los rendimientos promedio obtenidos de su estudio y compararlos con los rendimientos usados en los proyectos según la CAPECO en el siguiente cuadro:

CUADRO 7: COMPARACIÓN ENTRE RENDIMIENTOS DEL ESTUDIO Y DE LA CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN (CAPECO)- VERSIONES DEL 2003 Y 2014.

N°	ACTIVIDADES	UND	Rendimientos del estudio	Rendimientos (CAPECO) - 2003	Rendimientos (CAPECO) - 2014
1	MURO DE SOGA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA - MEZCLA CEMENTO	m2/día	-	9.46	9
2	MURO DE CABEZA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA - MEZCLA CEMENTO	m2/día	-	6.45	6
3	ENCOFRADO EN SOBRECIMIENTO ARMADO	m2/día	-	-	16
4	ENCOFRADO EN COLUMNAS	m2/día	10.50	10	9
5	ENCOFRADO EN PLACAS	m2/día	-	10	9
6	ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS	m2/día	11	9	9
7	ENCOFRADO NORMAL PARA LOSA ALIGERADA	m2/día	14	12	12
8	ACERO EN ZAPATAS DE F'Y=4,200 KG/CM ²	kg/día	-	250	250
9	ACERO EN COLUMNAS DE F'Y=4,200 KG/CM ²	kg/día	320	250	250
10	ACERO EN PLACAS DE F'Y=4,200 KG/CM ²	kg/día	-	250	300
11	ACERO EN VIGAS DE F'Y=4,200 KG/CM ²	kg/día	348	250	250
12	ACERO EN LOSAS MACIZAS DE F'Y=4,200 KG/CM ²	kg/día	-	250	250
13	ACERO EN LOSAS ALIGERADAS DE F'Y=4,200 KG/CM ²	kg/día	185	250	250
14	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm ² - VIGAS	m3/día	-	100	60
15	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm ² - LOSA ALIGERADA	m3/día	-	100	60
16	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm ² - COLUMNAS	m3/día	-	-	30
17	CONCRETO EN PLACAS f'c=210 kg/cm ²	m3/día	-	8	8

Fuente: Elaboración propia

I.1.2 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

I.1.2.1. RENDIMIENTO Y CONSUMO DE MANO DE OBRA:

Para esta investigación las definiciones para cada parámetro serán los siguientes:

RENDIMIENTO: Es la cantidad de obra de alguna actividad completamente ejecutada por una cuadrilla, compuesta por uno o varios operarios de diferente especialidad por unidad de recurso humano, normalmente expresada como um/hH (unidad de medida de la actividad por hora Hombre).

RENDIMIENTO POR DÍA: Es la cantidad de obra, de una actividad, que realiza un trabajador o la cuadrilla, en una jornada normal de trabajo (8 Horas).

CONSUMO: Se define como la cantidad de recurso humano en horas-Hombre, que se emplea por una cuadrilla compuesta por uno o varios operarios de diferente especialidad, para ejecutar completamente la cantidad unitaria de alguna actividad. El consumo de mano de obra se expresa normalmente en hH/um (horas – Hombre por unidad de medida).

I.1.2.2. TEORÍA DEL CONSUMO DE MANOS DE OBRA.

Cano y Duque establecen que el rendimiento de la mano de obra puede variar de un rango de 0% a 100%, correspondiendo el primer caso cuando no se hace nada y el segundo cuando se presenta la máxima eficiencia teórica posible, calificándolos como los límites teóricos dentro de los cuales se encuentran los rendimientos en cualquier condición, situación que se repite con su inverso que son los consumos.

Para su trabajo definieron a la cifra del 70% como la más apropiada para fijar el rendimiento normal, pues los distintos autores analizados, ubican al rendimiento de productividad normal entre el 55% y el 70% dentro de la escala 0% a 100%.

En base a lo expresado, definen diferentes rangos de acuerdo a la eficiencia en los rendimientos, conforme la tabla siguiente:

CUADRO 8: ESCALA DE EFICIENCIA EN LOS RENDIMIENTOS

EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD	RANGO EN PORCENTAJE
Muy baja	10 - 40.
Baja	41 - 60
Normal (promedio)	61 - 80
Muy buena	81 - 90
Excelente	91 - 100

Fuente: Fuente: Estimator's general construction man-hour manual, John S. Page.

I.1.2.3. FACTORES DE AFECTACIÓN DE LOS RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA.

Cano y Duque en su estudio, encontraron dos maneras de clasificar los diferentes factores que afectan el rendimiento de la mano de obra. Se trata de las publicaciones: “Estimator’s General Construction Man-Hour Manual” escrito por John S. Page y editada por Gulf Publishing Company, y “Control de Métodos y Tiempos” de Francesc Castanyer Figueras editada por Boixareu Editores.

El autor del primer documento clasificó los distintos factores que afectaban un rendimiento de mano de obra y los expuso en siete categorías. De la misma manera estableció lineamientos generales para evaluar su influencia, ya sea positiva o negativamente. Por el contrario en la segunda publicación, el autor tuvo en cuenta consideraciones matemáticas para evaluar dichos factores.

A partir de ello, elaboraron un inventario de los factores que pueden afectar el rendimiento o consumo de mano de obra, los cuales para facilitar el análisis, los clasificaron en siete categorías, mismas que las agruparon en tres clases.

CUADRO 9: CLASES y CATEGORÍAS DE FACTORES

CLASES DE FACTORES	<i>Ambiente en el que se desarrolla la obra</i>	<i>Características de la obra</i>	<i>Propias del trabajador</i>
Categorías	<i>Economía general</i>	<i>Actividad</i>	<i>Trabajador</i>
	<i>Clima</i>	<i>Equipamiento</i>	
		<i>Supervisión</i>	
		<i>Laborales</i>	

Fuente: CANO R. Antonio, DUQUE V. Gustavo.

Trabajo de Investigación. SENA - CAMACOL. Medellín. 2000

A continuación se definen cada uno de ellas:

A. Economía general

Este factor se refiere al estado económico en el que se encuentra nuestro país o el área específica en donde se desarrolla el proyecto. Los aspectos a ser considerados dentro de esta categoría son los siguientes:

- Tendencias y resultados de los negocios en general
- Volumen de la construcción
- Situación del empleo

Si después de considerar los anteriores aspectos se concluye que la economía general es buena o excelente, los valores de los rendimientos y consumos de mano de obra tienden a ser menores, debido a que cuando los sectores están bien, se hace difícil encontrar mano de obra de buena calidad, supervisores competentes, teniendo que recurrir a personal inexperto. En el caso contrario, cuando la economía se encuentra en estados normales, los rendimientos tienden a ser superiores, ya que bajo condiciones normales se dispone de personal calificado para realizar labores de supervisión y ejecución de las actividades.

La economía general en la que se desarrolla el proyecto, produce una reacción en cadena con las otras seis categorías, por lo tanto este aspecto debe ser considerado cuidadosamente. Los factores que hacen parte de esta

categoría y que deben ser tenidos en cuenta son los siguientes:

- Disponibilidad de mano de obra, en los casos de actividades que requieran personal calificado (oficiales de construcción)
- Disponibilidad de supervisores (maestros y residentes de obra)
- Disponibilidad de insumos.

B. Aspectos laborales

Existe una relación importante entre el rendimiento de la mano de obra y las condiciones laborales en que se realiza el proyecto. La disponibilidad de personal experto y capacitado en el lugar donde se realizan los trabajos o la necesidad de desplazar personal de otros sitios con condiciones de pago algunas veces diferentes a las de la zona, son aspectos muy importantes a tener en cuenta. Los aspectos a considerar bajo esta categoría son los siguientes:

B.1. Tipo de Contrato

El sistema de contratación a destajo favorece considerablemente el rendimiento obtenido, puesto que el trabajador se ve beneficiado al terminar su labor en el menor tiempo posible, si se compara por un sistema de contratación por día laborado.

B.2. Sindicalismo

El contar con obreros sindicalizados, influye negativamente en el rendimiento de la mano de obra, ya que el sindicalismo mal entendido disminuye la productividad.

B.3. . Incentivos

La asignación de tareas o labores a destajo con recompensas por la labor cumplida, favorece el mejoramiento de la productividad de la mano de obra. Una clara y sana política de incentivos aumenta el rendimiento en las cuadrillas de trabajo.

B.4. Salarios o pago por labores a destajo

La justa remuneración por la labor realizada, motiva al obrero a aumentar la productividad de la mano de obra.

B.5. . Ambiente de trabajo

Las relaciones cordiales entre compañeros y entre personal obrero y jefes, sumado a un ambiente de trabajo con condiciones en las que se tengan en cuenta el factor humano, garantizan un mayor desempeño de la mano de obra.

B.6. Seguridad social

La tranquilidad ofrecida por un sistema de seguridad social que cubra al trabajador y su familia, incentiva el rendimiento de la mano de obra.

B.7. Seguridad industrial

La implementación y desarrollo de programas de seguridad industrial en los sitios de trabajo, disminuyen los riesgos que afectan negativamente la productividad de la mano de obra.

C. Clima

Los antecedentes del estado del tiempo en el área en la que se construye el

proyecto deben ser considerados, tratando de prever las condiciones durante el periodo de ejecución de la obra. Los factores a considerar dentro de esta categoría son los siguientes:

C.1. Estado de tiempo

Condiciones favorables del estado del tiempo en el momento de realizar las actividades, influyen positivamente en la obtención de mejores rendimientos.

C.2. Temperatura

El exceso de calor afecta el desempeño del obrero.

C.3. Condiciones de suelo

Las lluvias ocasionan condiciones críticas del estado del suelo donde las cuadrillas realizan las actividades, viéndose afectadas negativamente en su desempeño bajo condiciones críticas.

C.4. Cubierta

Los factores negativos de la condición del tiempo, pueden ser mitigados si se realizan las actividades bajo cubierta, en cuyo caso se favorece el rendimiento de la mano de obra.

D. Actividad

Las condiciones específicas de la actividad a realizar, las relaciones con otras actividades, el plazo para la ejecución de la misma los medios para

realizarla y el entorno general de la obra, son aspectos que pueden afectar los rendimientos de la mano de obra. Los principales factores dentro de esta categoría son los siguientes:

D.1. Grado de dificultad

La productividad se ve afectada al tener actividades con un alto grado de dificultad.

D.2. Riesgo

El peligro al cual se ve sometido el obrero al realizar ciertas actividades, disminuye su rendimiento.

D.3. Discontinuidad

Las interferencias e interrupciones en la realización de las actividades, disminuyen la productividad de la mano de obra.

D.4. Orden y aseo

El rendimiento se ve favorecido con sitios de trabajo limpios y organizados que permitan al trabajador realizar sus labores de mejor manera.

D.5. Actividades predecesoras

Si la actividad previamente realizada fue de gran demanda y consumo de mano de obra, afectara el rendimiento de la actividad a realizar posteriormente.

D..6. Tipicidad

Los rendimientos se ven afectados positivamente si existe un alto número de repeticiones de actividades iguales, ya que facilita al obrero desarrollar una curva de aprendizaje.

D.7. Espacio

Si se dispone de un trabajo limitado a pequeños espacios, el rendimiento del obrero disminuye.

E. Equipamiento

El disponer del equipo apropiado para la realización de las diferentes actividades, su estado general, su mantenimiento y la reparación oportuna, afectan el rendimiento de la mano de obra. Los principales factores dentro de esta categoría son los siguientes:

E.1. Herramienta

La calidad, estado y adecuación a la operación realizada, afecta el rendimiento.

E.2. Equipo

El estado y la disponibilidad del mismo facilitan la ejecución de las diferentes actividades

E.3. Mantenimiento

La oportunidad en el mantenimiento de equipos y herramientas afecta la productividad.

E.4. Suministro

Disponer oportunamente del equipo y herramienta adecuada favorece un alto desempeño del operario.

E.5. Elementos de protección

Debe considerarse como parte del equipamiento, todos aquellos elementos de protección personal tendientes a garantizar la seguridad industrial, que como se dijo anteriormente, facilita la realización de actividades.

F. Supervisión

La calidad y experiencia del personal utilizado en la supervisión de las operaciones en la obra, influye considerablemente en la productividad esperada. Los factores que deben tenerse en cuenta en esta categoría son los siguientes:

F.1. Criterios de aceptación

El contar con criterios definidos de aceptación o rechazo de las diferentes actividades, facilita la labor de supervisión e influye positivamente en el rendimiento de la mano de obra.

F.2. Instrucción

Al personal capacitado y con instrucciones claras, se le facilita la realización de las actividades.

F.3. Seguimiento

El grado de supervisión en las diferentes etapas del proceso, facilita una mejor productividad.

F.4. Supervisor

La idoneidad, experiencia y relación del maestro en relación con los obreros que supervisa, son factores que favorecen el desempeño del operario.

G. Trabajador

Los aspectos personales del operario deben considerarse, ya que afectan su desempeño. Los factores que se incluyen en esta categoría, son:

G.1. Situación personal

La tranquilidad del trabajador y de su grupo familiar, generan un clima propicio para la realización de las actividades. Definir políticas de recursos humanos y apoyo al trabajador, traerá como consecuencia efectos positivos sobre el rendimiento de la mano de obra.

G.2. Ritmo de trabajo

El trabajo exigente y continuado agota naturalmente a los seres humanos. Se requiere definir políticas sobre descansos que garanticen un normal rendimiento del trabajador en sus actividades.

G.3. Habilidad

Algunos obreros poseen o desarrollan habilidades independientemente del

grado de capacitación alcanzado, favoreciendo la ejecución de las actividades y consecuentemente aumentando su productividad

G.4. Conocimientos

El nivel de capacitación alcanzado, así como su posibilidad de mejorarlo, favorecen en alto grado la mayor eficiencia de su labor.

G.5. Desempeño

Algunas personas no ponen todo de sí en el desempeño de sus actividades. Esta situación debe ser controlable con un adecuado proceso de selección.

G.6. Actitud hacia el trabajo

Se debe contar con trabajadores con actitudes positivas hacia la labor a realizar, para que dicha situación se refleje en un adecuado desempeño. Esta situación se logra con un buen sistema de selección de personal y con la existencia de buenas relaciones laborales.

I.1.2.4. GESTIÓN DE RIESGOS EN LA CONSTRUCCIÓN

La Gestión de Riesgos en la Construcción es, en nuestro país, un concepto que relativamente muy pocas empresas en el campo conocen. Muchas de ellas aplican algún tipo de herramienta o metodología orientada a minimizar o erradicar los riesgos en la construcción, sin que necesariamente haya un proceso formal o establecido. Las técnicas y métodos que utilizan para lograr estos objetivos son, en la mayoría de las veces, parte del know-how de las empresas.

Merna (2004) lo define así:

“La Gestión de Riesgos es una herramienta usada cada vez más frecuentemente por empresas y organizaciones en los proyectos para aumentar la seguridad, confiabilidad y disminuir las pérdidas. El arte de la Gestión de Riesgos es identificar los riesgos específicos y responder a ellos de la manera apropiada.”

Villanueva, A. (2009) realizó una investigación denominada **“Asegurando el Valor en Proyectos de Construcción: Un estudio de Técnicas y Herramientas de Gestión de Riesgos en la Etapa de Construcción”**. En esta tesis se presentan las técnicas de análisis cualitativo y cuantitativo consideradas las más apropiadas para la Gestión de riesgos en la Construcción.

En el **análisis cualitativo** se mencionan las tablas de probabilidad e impacto de riesgos, las cuales consisten en investigar la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo y los efectos del impacto si es que ocurriesen, analizando las variables del tiempo, costos, calidad, y otros criterios definidos por el Gerente del Proyecto. La evaluación de cada riesgo se realiza en entrevistas o reuniones con personas que tienen experiencia en temas específicos relacionados a los riesgos, pudiendo ser miembros del Equipo de Proyecto o personas externas al proyecto. Se asignan valores para la probabilidad e impacto, de acuerdo a una escala acordada o definida en el Plan de Gestión de Riesgos, que pueden ser

valores numéricos o simplemente calificativos como bajo, mediano o alto

Los puntajes obtenidos a partir de la evaluación de riesgos se colocan en una Tabla de Probabilidad e Impacto (P-I). La ventaja de esta tabla es establecer la importancia relativa de los riesgos, calculada a partir de la multiplicación de los puntajes de probabilidad e impacto. A continuación se muestran las tablas P-I o Probabilidad – Impacto (Merna, 2004).

CUADRO 10: TABLAS DE PROBABILIDAD E IMPACTO

Escala	Probabilidad	Puntaje de Probabilidad	Impacto sobre la probabilidad		
			Incremento en el costo	Incremento en el plazo	Puntaje de Impacto
Muy baja	< 10%	0.1	< 5%	< 1 mes	0.05
Baja	10 – 30%	0.3	5-10%	1 – 2 meses	0.1
Media	30-50%	0.5	10-15%	3 – 4 meses	0.2
Alta	50-70%	0.7	15-30%	5 – 6 meses	0.4
Muy alta	> 70%	0.8	<30%	> 6 meses	0.8

Probabilidad						
Impacto		Muy baja 0.1	Baja 0.3	Media 0.5	Alta 0.7	Muy alta 0.9
	Muy baja 0.05	0.005	0.015	0.025	0.035	0.045
	Baja 0.1	0.01	0.03	0.05	0.07	0.09
	Media 0.2	0.02	0.06	0.1	0.14	0.18
	Alta 0.4	0.04	0.12	0.2	0.28	0.36
	Muy alta 0.8	0.08	0.24	0.4	0.56	0.72

Fuente: Villanueva A. (2009), “Asegurando el Valor en Proyectos de Construcción: Un estudio de Técnicas y Herramientas de Gestión de Riesgos en la Etapa de Construcción”

Análisis Cuantitativo

Las técnicas de este proceso cuantifican el efecto y probabilidad de los riesgos a fin de obtener una mayor confiabilidad de los resultados, tanto para evaluar los riesgos como para realizar los seguimientos y controles. Normalmente, el análisis cuantitativo se hace después del análisis cualitativo, y los datos que se necesitan son valores discretos, que se obtienen básicamente de las mismas fuentes mencionadas en el proceso de identificación de riesgos. A continuación, se presenta y explica una de las técnicas del análisis cuantitativo:

Análisis mediante la Simulación de Monte Carlo

El análisis cuantitativo usando la simulación de Monte Carlo consiste en generar un número determinado de posibles escenarios mediante un software, presentando una serie de gráficos de probabilidad que sirven para el análisis y la toma de decisiones. Los usos más comunes son la estimación de costos y de tiempos.

Lo que hace el método en el programa es procesar la información de entrada, también llamada inputs, en un número determinado de iteraciones, haciendo cálculos probabilísticos para así obtener múltiples valores resultantes posibles, ooutputs, a los cuales denominamos escenarios. Para lograr esto, se le debe indicar al programa el tipo de distribución de cada variable a ser considerada, el número de iteraciones y los rangos de valores

dentro de las cuales las variables combinadas van a formar distintos escenarios (PRAM Guide, 1997).

Los resultados de la simulación son datos probabilísticos, como puede ser la media, mediana, valores más probables, etc. Asimismo, pueden construirse gráficos de histogramas, probabilidad acumulada ascendente, descendente, etc. Es importante saber que el método no establece un resultado, sino una gama de resultados que hay que saber interpretar y analizar para llegar a una adecuada decisión.

I.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

I.2.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL

¿Es posible plantear modelos de regresión lineal considerando la influencia de los factores de afectación (Economía General, Aspectos laborales, Clima, Actividad, Equipamiento, Supervisión, Trabajador, Sistema de administración en obra, Gestión de riesgos) para predecir los consumos y rendimientos reales de la mano de obra en actividades más representativas en la construcción edificaciones de concreto armado con sistemas aporticados o duales en la zona urbana de Huánuco?

I.2.2. FORMULACIÓN DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son los consumos y rendimiento de la mano de obra reales en las actividades más representativas en la construcción de edificaciones de

concreto armado con sistemas aporticados o duales en la zona urbana de Huánuco?

- ¿Qué efecto produce la diferencia entre los consumos y rendimientos de mano de obra establecidos por la CAPECO y los consumos y rendimientos reales registrados en campo, en el Análisis de Costos Unitarios de las actividades en estudio.?

I.3. OBJETIVOS

I.3.1. OBJETIVO GENERAL

Plantear modelos de regresión lineal considerando la influencia de los factores de afectación (Economía General, Aspectos laborales, Clima, Actividad, Equipamiento, Supervisión, Trabajador, Sistema de administración en obra, Gestión de riesgos) para predecir los consumos y rendimientos reales de la mano de obra en las actividades más representativas en la construcción de edificaciones de concreto armado con sistemas aporticados o duales en la zona urbana de Huánuco.

I.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular los consumos y rendimiento de la mano de obra reales en las actividades más representativas en la construcción de edificaciones de concreto armado con sistemas aporticados o duales en la zona urbana de Huánuco.
- Analizar el efecto de la diferencia entre los consumos y rendimientos de

mano de obra establecidos por la CAPECO y los consumos y rendimientos reales registrados en campo, en el Análisis de Costos Unitarios de las actividades en estudio.

I.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Aspecto teórico

El factor de costos que indudablemente resulta más complejo es el de la mano de obra, en la Construcción, este elemento básico representa en cifras de estadística oficial de un 28% a un 40 % del gasto total, según se trate de obras con más o menos predominio de maquinaria y otros componentes, calculándose un porcentaje medio del 35%. Sánchez, M. (1983). Por lo tanto los rendimientos de mano obra usados sin base científica en los proyectos afectan en forma considerable, entonces esta investigación es justificada ya que da una solución a este problema.

Aspecto práctico

El presente trabajo de investigación pretende que los constructores y los consultores tengan una base de datos real y confiable, y su utilización en la realización de los distintos proyectos de construcción y consultoría, tanto en sector privado como el público. Con el fin de mejorar o realizar cambios que contribuyan a mejorar la producción en mano de obra.

Aspecto metodológico

Es sustentable por que se utiliza una metodología confiable con la cual

obtener datos en campo y compararlos con los usados actualmente, esta metodología es propuesta por los ingenieros Antonio Cano R. y Gustavo Duque V, en su trabajo de investigación “RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA”, elaborado para la SENA – CAMACOL en el año 2000; con este método se buscan nuevas formas de hacer investigación.

Relevancia académica

Esta investigación sirve de base para la comparación de rendimientos usados en el mercado con fines de optimización de costos en la elaboración y control de proyectos de construcción.

I.5. LIMITACIONES Y ALCANCES

I.5.1. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN:

La falta de cooperación por parte de las instituciones públicas (municipios y gobierno regional) y las empresas privadas (Constructoras, Consultoras y de Supervisión) para suministrar información y permitir la toma de datos en obra.

I.5.2. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN:

ALCANCE GEOGRÁFICO.- Obras ubicadas dentro de la zona urbana de Huánuco (La ciudad de Huánuco y distritos adyacentes: Pillcomarca y Amarilis).

CUADRO 11: IDENTIFICACIÓN DE OBRAS EN CONSTRUCCIÓN

OBRA	UBICACIÓN	TIPO DE EDIFICACIÓN	SISTEMA ESTRUCTURAL	ESTADO DE CONSTRUCCIÓN EN OCTUBRE	OBSERVACIÓN	VIABILIDAD PARA ESTUDIO
CONSTRUCCIÓN DEL CENTRO DE OPERACIONES DE EMERGENCIA REGIONAL (COER)	Jr. Los Alamos 350, Cayhuayna	OFICINAS	Aporticada	Acero y Encofrado de columnas , 1er piso, Encofrado de sobrecimientos.	Se cuenta con Residente, Supervisor y Asistente	SI
RESIDENCIAL SAN FRANCISCO II	Intersección Jr. 2 DE MAYO y Jr. Alfonso Ugarte -Huánuco	DEPARTAMENTOS	Dual	Acero y Encofrado de Columnas y Placas en 4to piso, de la Torre 5	Se cuenta con Residente, Supervisor y	SI
VIVIENDA MULTIFAMILIAR	Jr 2 DE MAYO 1869 - Huánuco	MULTIFAMILIAR	Aporticada	Acero y Encofrado en columnas del 2do piso.	Se cuenta con Residente, Supervisor	SI
"MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ACADÉMICOS DE EXPERIMENTACIÓN E INVESTIGACIÓN EN LAS CARRERAS DE ENFERMERÍA, OBSTETRICIA, PSICOLOGÍA Y ODONTOLOGÍA DE LA UNHEVAL – HUANUCO",	Ciudad Universitaria UNHEVAL- CAYHUAYNA	FACULTAD UNIVERSITARIA	Dual	Vaciado de concreto del Penultimo techo del Modulo Corredor. (pocas partidas de casco para lecturar)	Se cuenta con Residente, Supervisor y Asistentes Técnicos	SI
AMPLIACION MEJORAMIENTO Y EQUIPAMIENTO DE SERVICIO EDUCATIVO DE LA IE 33074 DE HEROES DE JACTAY DEL AA.HH SEÑOR DE PUELLES LAS MORAS HCO	CALLE 25 DE AGOSTO S/N. Centro Poblado: LAS MORAS.	CENTRO EDUCATIVO	Mixto (Aporticado y Albañilería confinada)	Acero y Encofrado en columnas del 3er Piso del Pabellon Principal	Se cuenta con Residente, Supervisor y practicantes.	NO, diferente Sist. Estructural
MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS DE LA I.E. DE NIVEL PRIMARIO N° 32925 RENE E. GUARDIAN RAMÍREZ	AVENIDA PERU S/N. cercano al paradero 12 AMARILIS	CENTRO EDUCATIVO	Mixto (Aporticado y Albañilería confinada)	Encofrado de Columnas , encofrado de sobrecimiento, asentado de muros de ladrillo.	Se cuenta con Residente, Supervisor y Asistente	NO, diferente Sist. Estructural
CONSTRUCCIÓN DE COLEGIO PARTICULAR PANTALEÓN - CAYHUAYNA ALTA	Jr. Juan Velasco Alvarado 1540 - CAYHUAYNA ALTA	CENTRO EDUCATIVO	Mixto (Aporticado y Albañilería confinada)	Excavación de cimentacion, movimiento de tierra.	Solo esta el MAESTRO DE OBRA a cargo.	NO, diferente Sist. Estructural y sin personal calificado

Fuente: Municipalidad de Huánuco, OSCE, visitas a campo.

ALCANCE TEMPORAL.- La recolección de datos se efectuará entre Octubre del 2015 y Febrero del 2016 o hasta que las actividades en estudio de las obras seleccionadas finalicen.

I.6. HIPÓTESIS (H. ESTADÍSTICAS DE CORRELACIÓN)

H₀: Los factores de afectación (Economía General, Aspectos laborales, Clima, Actividad, Equipamiento, Supervisión, Trabajador, Sistema de administración en obra, Gestión de riesgos) no influyen en los consumos y rendimientos reales de la mano de obra en actividades más representativas en la construcción de edificaciones de concreto armado con sistemas aporticados o duales en la zona urbana de Huánuco.

H₁: Los factores de afectación (Economía General, Aspectos laborales, Clima, Actividad, Equipamiento, Supervisión, Trabajador, Sistema de administración en obra, Gestión de riesgos) influyen en los consumos y rendimientos reales de la mano de obra en actividades más representativas en la construcción de edificaciones de concreto armado con sistemas aporticados o duales en la zona urbana de Huánuco.

I.7. SISTEMA DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES

I.7.1. VARIABLES DEPENDIENTES

Rendimientos de mano de obra (Y)

I.7.2. VARIABLES INDEPENDIENTES:

Factores de afectación a la mano de obra (Economía General, Aspectos laborales, Clima, Actividad, Equipamiento, Supervisión, Trabajador, Sistema de administración en obra y Gestión de riesgos).

I.8. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES.**CUADRO 12: MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	ESCALA	UNIDAD
¿Es posible plantear modelos de regresión lineal considerando la influencia de los factores de afectación (Economía General, Aspectos laborales, Clima, Actividad, Equipamiento, Supervisión, Trabajador, Sistema de administración en obra, Gestión de riesgos) para predecir los consumos y rendimientos reales de la mano de obra en actividades más representativas en la construcción de edificaciones de concreto armado con sistemas aporticados o duales en la zona urbana de Huánuco?	Plantear modelos de regresión lineal considerando la influencia de los factores de afectación (Economía General, Aspectos laborales, Clima, Actividad, Equipamiento, Supervisión, Trabajador, Sistema de administración en obra, Gestión de riesgos) para predecir los consumos y rendimientos reales de la mano de obra en las actividades más representativas en la construcción de edificaciones de concreto armado con sistemas aporticados o duales en la zona urbana de Huánuco.	HIPOTESIS ESTADISTICA DE CORRELACIÓN: Ho: Los factores de afectación (Economía General, Aspectos laborales, Clima, Actividad, Equipamiento, Supervisión, Trabajador, Sistema de administración en obra, Gestión de riesgos) no influyen en los consumos y rendimientos reales de la mano de obra en actividades más representativas en la construcción de edificaciones de concreto armado con sistemas aporticados o duales en la zona urbana de Huánuco. H1: Los factores de afectación (Economía General, Aspectos laborales, Clima, Actividad, Equipamiento, Supervisión, Trabajador, Sistema de administración en obra, Gestión de riesgos) influyen en los consumos y rendimientos reales de la mano de obra en actividades más representativas en la construcción de edificaciones de concreto armado con sistemas aporticados o duales en la zona urbana de Huánuco.	VARIABLES DEPENDIENTES: Rendimientos de mano de obra.	COSTOS EN LA CONSTRUCCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Volumen Hora hombre Cuadrilla Tiempo de trabajo 	<ul style="list-style-type: none"> WINCHA CRONOMETRO Y RELOJ CÁMARA FOTOGRÁFICA FORMATOS 	desde cero unidades	<ul style="list-style-type: none"> m3, m2, m seg. horas unidad

PROBLEMAS SECUNDARIOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son los consumos y rendimiento de la mano de obra reales en las actividades más representativas en la construcción de edificaciones de concreto armado con sistemas aporticados o duales en la zona urbana de Huánuco? • ¿Qué efecto produce la diferencia entre los consumos y rendimientos de mano de obra establecidos por la CAPECO y los consumos y rendimientos reales registrados en campo, en el Análisis de Costos Unitarios de las actividades en estudio.? 	<ul style="list-style-type: none"> • Calcular los consumos y rendimiento de la mano de obra reales en las actividades más representativas en la construcción de edificaciones de concreto armado con sistemas aporticados o duales en la zona urbana de Huánuco. • Analizar el efecto de la diferencia entre los consumos y rendimientos de mano de obra establecidos por la CAPECO y los consumos y rendimientos reales registrados en campo, en el Análisis de Costos Unitarios de las actividades en estudio.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA	UNIDAD
VARIABLE INDEPENDIENTE: Factores de afectación a la mano de obra (Economía General, Aspectos laborales, Clima, Actividad, Equipamiento, Supervisión, Trabajador, Sistema de administración en obra, Gestión de riesgos).	Ambiente en el que se desarrolla la obra	<ul style="list-style-type: none"> • Economía General. • Clima 	• ETIQUETAS • CENSOS • FORMATOS • DATOS ESTADÍSTICOS	• 50-75% • 40-75%	Rangos(%)
	Características de la obra	<ul style="list-style-type: none"> • Aspectos laborales • Actividad • Equipamiento • Supervisión • Sistema de administración en obra • Gestión de riesgos 		• 40-80% • 40-80% • 55-75% • 50-75%	
	Propias del trabajador	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajador 		• 60-75%	

I.9. UNIVERSO/POBLACIÓN Y MUESTRA

I.9.1. DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO/POBLACIÓN

El Universo de la investigación está conformado por las obras de construcción de edificaciones ejecutándose en ese momento en la Zona Urbana de Huánuco.

La población son las mediciones que se tomaran de los consumos y rendimientos de mano de obra en las actividades más representativas que vienen realizando los obreros en la construcción de edificaciones de concreto armado con sistemas aporticados o duales.

I.9.2. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

En esta investigación se utilizó un muestreo No probabilístico Opinático o Intencional, ya que se seleccionó a las edificaciones de Concreto Armado con un Sistema Estructural Dual o Aporticada ubicadas en la zona urbana de Huánuco, dependiendo del consentimiento de permitir la toma de datos en la Obra.

Se presentó el caso de la obra: “MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ACADÉMICOS DE EXPERIMENTACIÓN E INVESTIGACIÓN EN LAS CARRERAS DE ENFERMERÍA, OBSTETRICIA, PSICOLOGÍA Y ODONTOLOGÍA DE LA UNHEVAL – HUANUCO”, ejecutada por la empresa MEGAINVERSIONES, con quien el investigador intentó realizar un acercamiento para la toma de datos y fue imposible lograr cooperación.

CAPITULO II

MARCO METODOLÓGICO

II.1. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

II.2. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

II.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

II.4. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

II.1. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El Nivel de la investigación es Relacional, ya que se plantea y pone a prueba nuestra hipótesis, estableciendo la asociación entre factores que intervienen.

II.2. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

El Tipo de investigación es ANÁLITICO, ya que se usará una metodología demostrada para la determinación de los procedimientos a seguir.

II.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El método de investigación que se emplea para alcanzar los objetivos propuestos es de tipo cuantitativo. La técnica que utilizaremos es la toma de datos en campo, en obras de edificaciones, con formatos elaborados para que luego dicha información sea procesada estadísticamente.

II.4. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

II.4.1. ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE AFECTACIÓN

Los trabajos de investigación realizados por Calle, C. y Botero, L, parten de los factores de afectación de los rendimientos y consumos de mano de obra definidos por los Ingenieros Antonio Cano y Gustavo Duque en la adaptación realizada al medio colombiano, entendiendo que es un tema bastante estudiado y analizado ya que de acuerdo a los antecedentes mencionados existen aplicaciones de esta metodología en Ecuador e incluso en Huancayo-Perú, por lo cual la aplicaremos en este trabajo de investigación.

Se adicionaran dos **Factores Complementarios**: Sistema de administración en obra y Gestión de Riesgos basados en las investigaciones de Guio, V. (2001) y Villanueva, A. (2009) respectivamente.

II.4.1.1. PORCENTAJE DE AFECTACIÓN DE CADA FACTOR EN LOS RENDIMIENTOS.

Como se mencionó, en el ítem I.1.2.2. Teoría del consumo de manos de obra, el rendimiento fluctúa entre el 0% y el 100%, partiendo de que lo normal es un rendimiento del 70%. Cuando un grupo de factores, después de evaluado, se encuentra que es favorable al desempeño de la cuadrilla se calificará con un porcentaje superior al 70%. Si por el contrario es desfavorable, se calificará con un porcentaje inferior a dicho 70%.

En los trabajos de investigación que toman como base a éste, se demuestra que algunos factores afectan en mayor medida la productividad que otros. Por lo cual es fundamental definir rangos de calificación para cada uno de ellos.

Para analizar las mediciones que se realizarán en este estudio, se tomarán los rangos sugeridos en el estudio realizado por Cano y Duque para la SENA-CAMACOL, de acuerdo al Cuadro N° 13.

Para establecer el rango de afectación de los **Factores Complementarios** considerados en el estudio nos referenciamos del **Cuadros N° 5: Resultados Generales de mediciones de ocupación del tiempo de 50 obras en Lima**, del cual

podemos afirmar que la eficiencia del rendimiento de una actividad está definido por la suma de TP (Tiempo productivo) y el TC (Tiempo Contributorio), lo cual equivale a un promedio de **64%** con intervalos de variación de **55% a 73%**.

CUADRO 13: RANGOS DE AFECTACIÓN DE CADA FACTOR

GRUPO	RANGO (%)
<i>Economía general</i>	50 a 75
<i>Aspectos Laborales</i>	40 a 80
<i>Clima</i>	40 a 75
<i>Actividad</i>	40 a 80
<i>Equipamiento</i>	55 a 75
<i>Supervisión</i>	50 a 75
<i>Trabajador</i>	60 a 75
FACTORES COMPLEMENTARIOS	
<i>Sistema de administración en obra</i>	55 a 73
<i>Gestión de Riesgos</i>	55 a 73

Fuente: CANO R. Antonio, DUQUE V. Gustavo.

Trabajo de Investigación. SENA - CAMACOL. Medellín. 2000 - Modificado por el

Autor

Por parte de los autores Cano y Duque, se propone un cuadro en el cual se definen criterios para calificar cada uno de los factores que pueden afectar los rendimientos o consumos de mano de obra. Para cada factor definen una escala de calificación de 1 a 5, siendo 1 la condición más desfavorable y 5 la más favorable. Se estima que 3 es la condición normal.

Cada grupo define su valor mediante el promedio de sus factores. Este valor está asociado con el Cuadro N° 13, a partir del cual presentan el Cuadro N° 14

con las equivalencias respectivas de rango.

CUADRO 14: RANGOS CON EQUIVALENCIAS

GRUPO	RANGO (%)	1	2	3	4	5
<i>Economía general</i>	50 a 75	50.00%	56.25%	62.50%	68.75%	75.00%
<i>Aspectos Laborales</i>	40 a 80	40.00%	50.00%	60.00%	70.00%	80.00%
<i>Clima</i>	40 a 75	40.00%	48.75%	57.50%	66.25%	75.00%
<i>Actividad</i>	40 a 80	40.00%	50.00%	60.00%	70.00%	80.00%
<i>Equipamiento</i>	55 a 75	55.00%	60.00%	65.00%	70.00%	75.00%
<i>Supervisión</i>	50 a 75	50.00%	56.25%	62.50%	68.75%	75.00%
<i>Trabajador</i>	60 a 75	60.00%	63.75%	67.50%	71.25%	75.00%
<i>Sistema de administración en obra</i>	55 a 73	55.00%	59.50%	64.00%	68.50%	73.00%
<i>Gestión de Riesgos</i>	55 a 73	55.00%	59.50%	64.00%	68.50%	73.00%

Fuente: CANO R. Antonio, DUQUE V. Gustavo.

Trabajo de Investigación. SENA - CAMACOL. Medellín. 2000 - Modificado por el Autor

II.4.1.2. CRITERIOS PARA CALIFICACIÓN DE FACTORES.

Para complementar lo dicho anteriormente, los criterios que utilizaremos para calificar a cada uno de los factores, serán los constantes del siguiente Cuadro, utilizados por Botero en su trabajo de investigación, y ajustadas por Luzuriaga, B. en su Tesis.

En la etapa de análisis y procesamiento de datos, estos puntajes serán transformados a su equivalente en porcentaje, para afectar los rendimientos y obtener los rendimientos normalizados.

CUADRO 15: CRITERIOS PARA CALIFICAR LOS FACTORES DE AFECTACIÓN

GRUPO		1	2	3	4	5
Clima		40.00%	48.75%	57.50%	66.25%	75.00%
	ESTADO DE TIEMPO	TORMENTA	AGUACERO	LLOVIZNA	NUBLADO	SECO
	TEMPERATURA	EXTREMA	ALTA/BAJA	NORMAL	FRESCA	ACONDICIONADA
	CONDICIONES DE SUELO	PANTANOSO	RESBALOSO	MOJADO	HÚMEDO	SECO
	CUBIERTA	SOL Y LLUVIA	SOL Y SECO	SOMBRA O SECO	SOMBRA Y HUMEDAD	SOMBRA Y SECO
Actividad		40.00%	50.00%	60.00%	70.00%	80.00%
	DIFICULTAD	MUY DIFÍCIL	DIFÍCIL	NORMAL	FÁCIL	MUY FÁCIL
	RIESGO	MUY PELIGROSO	PELIGROSO	MODERADO	NORMAL	NINGUNO
	DISCONTINUIDAD	+ DE 1 HORA	DE 15 A 60 MIN	DE 5 A 15 MIN	DE 0 A 5 MIN	NINGUNO
	ORDEN Y ASEO	DIFÍCIL ACCESO	POCO ESCOMBRO	TRANSITABLE	PISO SUCIO	ASEO TOTAL
	ACTIVIDAD PREDECESORA	MUY DEMANDANTE	DEMANDANTE	REGULAR	POCO DEMANDANTE	NINGUNO
	TIPICIDAD	DE 1 A 5 REPETICIONES	DE 5 A 10 REPETICIONES	DE 10 A 15 REPETICIONES	DE 15 A 20 REPETICIONES	+ DE 20 REPETICIONES
	ESPACIO	INTRABAJABLE	INCOMODO	PEQUEÑO	NORMAL	ADECUADO
Equipamiento		55.00%	60.00%	65.00%	70.00%	75.00%
	HERRAMIENTA	INADECUADA	INCOMODA	COMÚN	ADECUADA	ESPECIAL
	EQUIPO	MALO	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
	MANTENIMIENTO	NUNCA	EN CASO DE DAÑO	OCASIONALMENTE	FRECUENTEMENTE	MUY FRECUENTEMENTE
	SUMINISTRO	NO DISPONIBLE	OCASIONALMENTE	FRECUENTEMENTE	A TIEMPO	SIEMPRE
Supervisión	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	NINGUNO	ALGUNOS	BÁSICOS	CASI TODOS	TODOS
		50.00%	56.25%	62.50%	68.75%	75.00%
	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	NINGUNO	A OJO	VERBALES	VERBALES PREVIOS	ESCRITOS
	INSTRUCCIÓN	NINGUNA	OCASIONAL	NECESARIA	VERBAL PREVIA	ESCRITA
	SEGUIMIENTO	NINGUNO	EVENTUAL	ESPORÁDICO	PARCIAL	TOTAL
Trabajador	SUPERVISOR	MALO	REGULAR	BUENO	COMPETENTE	MUY COMPETENTE
		60.00%	63.75%	67.50%	71.25%	75.00%
	SITUACIÓN PERSONAL	NEURÓTICO	TRISTE	ALTIBAJOS	BUENA	SATISFACTORIA
	RITMO DE TRABAJO	JORNADA MUY EXTENUANTE	JORNADA EXTENUANTE	JORNADA REGULAR	JORNADA NORMAL	JORNADA DESCANSADA
	HABILIDAD	LERDO	TORPE	NORMAL	HÁBIL	EXPERTO
	CONOCIMIENTOS	NINGUNO	ESCASOS	NORMALES	BUENOS	SUPERIORES
	DESEMPEÑO	MALA GANA	RESIGNADO	DISPUERTO	ANIMADO	ENTUSIASTA
Econmía General	ACTITUD	RESENTIDO	ENOJADO	CUMPLIDO	LEAL	COMPROMETIDO
		50.00%	56.25%	62.50%	68.75%	75.00%
	Disponibilidad de M.O.	MALA	DEFICIENTE	NORMAL	BUENA	EXCELENTE
	Disponibilidad de material	ESCASA	MODERADA	NORMAL	BUENA	TOTAL
Aspectos Laborales	Situación del empleo	MUY ABUNDANTE	ABUNDANTE	NORMAL	DIFÍCIL	MUY DIFÍCIL
		40.00%	50.00%	60.00%	70.00%	80.00%
	TIPO DE CONTRATA			ADMINISTRACIÓN DIRECTA	SUBCONTRATACIÓN	SUBCONTRATACIÓN-CONTROLADA
	SINDICALISMO	DAÑINO	MAL LLEVADO	NO EXISTE	NORMAL	BIEN LLEVADO
	INCENTIVOS			NO EXISTE	SI EXISTE	EXCELENTE
	SALARIO			< AL ESTABLECIDO	EL ESTABLECIDO	> AL ESTABLECIDO
	AMBIENTE	DISCORDIA - GRAVE	DISCORDIA	INDIFERENCIA	NORMAL-AMIGABLE	COMPAÑERISMO
	SEGURIDAD SOCIAL			NO	SI, EL MÍNIMO	EXCELENTE
	SEGURIDAD LABORAL			MALA	BUENA	EXCELENTE

FACTORES COMPLEMENTARIOS	Variables	1	2	3	4	5
SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN EN OBRA		55.00%	59.50%	64.00%	68.50%	73.00%
	Responsable de la planificación	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V
	Actualización de la planificación	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V
	Planificación de la utilización de recursos	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V
	Diseño de Procedimientos de Construcción	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V
	Transmisión de la Planificación	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V
	Distribución de Recursos	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V
GESTIÓN DE RIESGOS		55.00%	59.50%	64.00%	68.50%	73.00%
	Impacto de incremento del costo	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja
	Impacto de incremento del plazo	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja

Fuente: Botero B., Luis Fernando. Publicación para la revista Universidad EAFIT. 2002. Ajustada por Luzuriaga, B. en su Tesis de Investigación. – Modificado por el Autor

II.4.2. IDENTIFICACIÓN DE FACTORES PARA EL CASO HUÁNUCO

Los factores de afectación asumidos para nuestro caso, que son los mismos que han sido analizados en los trabajos citados, deben ser evaluados para las características propias de su entorno (Huánuco – Perú), lo que se logrará a partir de los datos levantados en campo, permitiéndonos determinar su grado de afectación positiva o negativa.

II.4.2.1. ECONOMÍA GENERAL

El sector construcción es un motor de la economía, reacciona de manera inmediata con el comportamiento del crecimiento, es gran generador de empleo y tiene una importante inversión privada y pública.

El sector construcción y el PBI total crecieron de manera promedio 7.7% y

5.3%, respectivamente, en los últimos quince años. En el año 2008 llegó a crecer en 16.5% y el PBI fue de 9.84%. En el 2014 alcanzó el 1.7% y el PBI 2.35%. En marzo 2015 disminuyó a -7.8% y el PBI 2.68%. (Fuente: INEI)

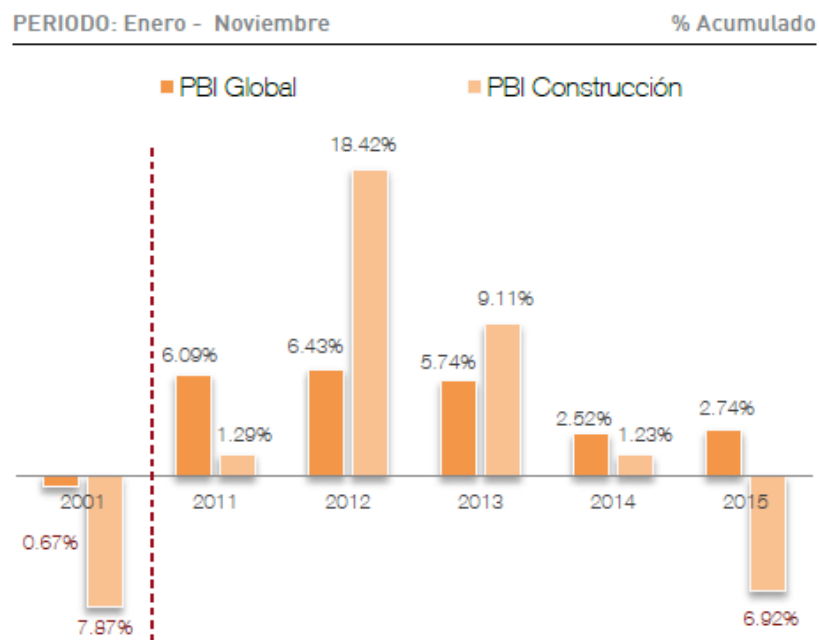
Esto indica que el sector construcción tiene una alta correlación con el comportamiento del Producto Bruto Interno.

GRÁFICO 1: PRODUCTO BRUTO INTERNO: 2008 – 2017 (VARIACIÓN PORCENTUAL REAL)



Fuente: BCR (SETIEMBRE 2015)

El retroceso del sector construcción es debido a la disminución del consumo interno de cemento y la menor inversión en el avance físico de obras Públicas, según el INEI. En el siguiente gráfico se observa cómo se va acentuando la retracción del año 2015 en el sector construcción:

GRÁFICO 2: PBI GLOBAL Y PBI CPNSTRUCCIÓN 2011 – 2015

Fuente: Informe Económico de la Construcción N° 7, Feb 2016 - CAPECO

Según el ingeniero Carlos Artiach Quintana existen cinco principales factores del crecimiento económico: Capital Humano, Capital Físico, Tecnología, Recursos Naturales y Eficiencia en la administración de todos esos recursos. El sector construcción abarca los cinco factores mencionados

Concluyendo, debido a la inestabilidad presentada en los últimos años y a los datos expuestos, los valores a ser asumidos para este factor serán:

CUADRO 16: VALORES DE FACTOR DE AFECTACIÓN “ECONOMÍA GENERAL”

<i>Economía general</i>		
<i>Disponibilidad de M.O.</i>	3	NORMAL
<i>Disponibilidad de material</i>	3	NORMAL
<i>Situación del empleo</i>	4	DIFÍCIL

Fuente: Autor

Cabe señalar que se considera que estos no variarían durante el tiempo en el cual se realiza la toma de datos.

II.4.2.2. ASPECTOS LABORALES

Se considerarán constantes considerando las diferentes condiciones de las Obras donde se recogerán los datos, los datos de las obras se mencionan de manera más completa en el **Anexo 1**.

OBRA 1: Construcción del Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER)

OBRA 2: RESIDENCIAL SAN FRANCISCO II

OBRA 3: VIVIENDA MULTIFAMILIAR

Los factores que fueron evaluados dentro de este grupo son los indicados en el siguiente Cuadro:

CUADRO 17: VALORES DE FACTOR DE AFECTACIÓN "ASPECTOS LABORALES"

	<i>Aspectores Laborales</i>					
	<i>OBRA 1</i>		<i>OBRA 2</i>		<i>OBRA 3</i>	
TIPO DE CONTRATA	4	SUBCONTRATA	5	SUBCONTRATA-CONTROLADA	3	ADM. DIRECTA
SINDICALISMO	2	MAL LLEVADO	5	BIEN LLEVADO	3	NO EXISTE
INCENTIVOS	3	NO EXISTE	4	SI EXISTE	3	NO EXISTE
SALARIO	4*	EL ESTABLECIDO	4	EL ESTABLECIDO	3	< AL ESTABLECIDO
AMBIENTE	4	NORMAL-AMIGABLE	4	NORMAL-AMIGABLE	4	NORMAL-AMIGABLE
SEGURIDAD SOCIAL	4*	SI, EL MÍNIMO	4	SI, EL MÍNIMO	3	NO
SEGURIDAD LABORAL	4	BUENA	4	BUENA	4	BUENA

* cambia en los meses de oct y nov a "3"

Fuente: Autor

En la tabla anterior se puede observar que las condiciones varían para las diferentes obras, pero se mantienen constantes generalmente en el tiempo de lectura para una determinada obra.

II.4.2.3. CLIMA.

Los factores que se analizan dentro de este grupo son: Estado de tiempo, temperatura, Condiciones de Suelo y cubierta, para los cuales la asignación del puntaje se realizó durante la observación realizada. De acuerdo a las fechas en las cuales se realizó el levantamiento de información, esto es en el período comprendido entre Octubre de 2015 y primeros días de Marzo del 2016, consideramos que la lluvia y temperatura no fueron factores preponderantes, puesto que el clima de la ciudad de Huánuco es catalogado como bueno.

Con una temperatura promedio de 24 °C, llamado por propios y visitantes como "La ciudad del mejor clima del mundo". Su temperatura más baja es en

el invierno, es decir en los meses de julio y agosto (21 °C en el día y 17 °C en las noches) y la temperatura más alta es en la primavera, en los meses de noviembre y diciembre (30 °C en el día).

**CUADRO 18: DATOS CLIMÁTICOS DE LAS CAPITALES DE DEPARTAMENTO
(HUÁNUCO)**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperaturas (°C)												
Máxima Absoluta	28.8	29.2	28.5	28.9	28.0	27.8	27.7	28.1	28.2	28.6	28.7	28.5
Máxima media	26.7	26.1	26.0	26.6	26.8	26.1	25.8	26.6	26.8	27.3	27.6	27.1
Media	20.9	20.6	20.7	21.0	20.7	19.8	19.2	20.1	20.9	21.5	22.5	21.3
Minima media	13.3	14.1	13.0	12.4	11.5	9.5	8.9	10.4	11.8	12.7	13.4	13.4
Minima Absoluta	9.7	9.6	9.4	9.7	7.4	4.7	3.8	4.9	7.4	8.5	9.7	9.6
Amplitud u oscilacion termica ¹	13.3	12.0	13.0	14.2	15.3	16.6	16.9	16.2	15.0	14.6	14.3	13.7
Humedad Relativa (%)												
Máxima media	65	61	69	57	53	58	62	61	58	55	56	65
Media	57	55	62	50	49	51	55	53	52	53	53	63
Minima media	50	48	52	47	46	48	46	44	46	49	46	51
Horas de sol (horas)²												
	4.48	4.04	4.64	5.53	6.71	7.0	7.22	7.12	6.0	5.74	5.6	5.03
Precipitaciones (mm.)³												
	48.0	68.2	61.6	27.9	9.4	3.7	4.1	5.8	16.9	31.3	45.0	46.5
Vientos más frecuentes (m/s)												
10:00 hrs.	C - 0	C - 0	C - 0	C - 0	C - 0	C - 0	C - 0	C - 0	C - 0	C - 0	C - 0	NE - 2
15:00 hrs.	NE - 2	NE - 2	NE - 3	NE - 2	NE - 3	NE - 3	NE - 3	NE - 3	NE - 3	NE - 2	NE - 3	NE - 3
19:00 hrs.	C - 0	C - 0	NE - 1	C - 0	NE - 2	NE - 3	NE - 3	C - 0	NE - 2	NE - 2	NE - 3	C - 0

Fuente: SENAMHI, IGP

II.4.2.4. ACTIVIDAD.

Debido a que las edificaciones donde se realizaron las mediciones, corresponden a construcciones de diseño diferente, cuyos terrenos presentarán, posiblemente, características diferentes, los factores influyentes de este grupo, que fueron evaluados durante la observación, son los indicados en el siguiente Cuadro.

CUADRO 19: FACTOR CATEGORIA ACTIVIDAD

ITEM	FACTOR
1	DIFICULTAD
2	RIESGO
3	DISCONTINUIDAD
4	ORDEN Y ASEO
5	ACTIVIDAD PREDECESORA
6	TIPICIDAD
7	ESPACIO

Fuente: CANO R. Antonio, DUQUE V. Gustavo.

Trabajo de Investigación. SENA - CAMACOL. Medellín. 2000

II.4.2.5. EQUIPAMIENTO.

Los factores correspondientes a este grupo, y que se presentan en el siguiente

Cuadro fueron también evaluados durante la observación que se realizó.

CUADRO 20: FACTOR CATEGORIA EQUIPAMIENTO

ITEM	FACTOR
1	HERRAMIENTA
2	EQUIPO
3	MANTENIMIENTO
4	SUMINISTRO
5	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Fuente: CANO R. Antonio, DUQUE V. Gustavo.

Trabajo de Investigación. SENA - CAMACOL. Medellín. 2000

II.4.2.6. SUPERVISIÓN.

Los factores pertenecientes a este grupo, y que se presentan en el siguiente

Cuadro, fueron también evaluados durante la observación realizada.

CUADRO 21: FACTOR CATEGORIA SUPERVISIÓN

<i>ITEM</i>	<i>FACTOR</i>
1	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN
2	INSTRUCCIÓN
3	SEGUIMIENTO
4	SUPERVISOR

Fuente: CANO R. Antonio, DUQUE V. Gustavo.

Trabajo de Investigación. SENA - CAMACOL. Medellín. 2000

II.4.2.7. TRABAJADOR.

Cada trabajador, como ser humano, es diferente en muchos aspectos, consecuentemente los valores de los factores levantados tuvieron mucha variación, siendo los establecidos en siguiente Cuadro los que fueron evaluados en las mediciones realizadas.

CUADRO 22: FACTOR CATEGORIA TRABAJADOR

<i>ITEM</i>	<i>FACTOR</i>
1	SITUACIÓN PERSONAL
2	RITMO DE TRABAJO
3	HABILIDAD
4	CONOCIMIENTOS
5	DESEMPEÑO
6	ACTITUD

Fuente: CANO R. Antonio, DUQUE V. Gustavo.

Trabajo de Investigación. SENA - CAMACOL. Medellín. 2000

FACTORES DE AFECTACIÓN COMPLEMENTARIOS:

II.4.2.8. SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN EN OBRA

Se considera que permanece constante por obra a lo largo de la investigación. Para definir los valores del factor nos basaremos en el Cuadro N° 15 donde se indican los equivalentes de cada sub factor y el Cuadro N° 4 donde se explica el significado de cada tipo (Tipo I, Tipo II, Tipo III, Tipo IV y Tipo V).

CUADRO 23: FACTOR CATEGORIA SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN EN OBRA

	SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN EN OBRA					
	OBRA 1		OBRA 2		OBRA 3	
<i>Responsable de la planificación</i>	4	Tipo IV	4	Tipo IV	2	Tipo II
<i>Actualización de la planificación</i>	3	Tipo III	4	Tipo IV	2	Tipo II
<i>Planificación de la utilización de recursos</i>	3	Tipo III	3	Tipo III	2	Tipo II
<i>Diseño de Procedimientos de Construcción</i>	3	Tipo III	4	Tipo IV	3	Tipo III
<i>Transmisión de la Planificación</i>	3	Tipo III	4	Tipo IV	2	Tipo II
<i>Distribución de Recursos</i>	3	Tipo III	3	Tipo III	3	Tipo III

Fuente: Autor

II.4.2.9. GESTIÓN DE RIESGOS

Se considera que permanece constante por obra a lo largo de la investigación. Para definir los valores del factor nos basaremos en el Cuadro N° 15 donde se indican los equivalentes de cada sub factor y el **Anexo 2** donde se explica el procedimiento para la obtención de estos valores.

CUADRO 24: FACTOR CATEGORIA GESTIÓN DE RIESGOS

	GESTIÓN DE RIESGOS					
	OBRA 1		OBRA 2		OBRA 3	
<i>Impacto de incremento del costo</i>	4	Baja	4	Baja	4	Baja
<i>Impacto de incremento del plazo</i>	5	Muy baja	5	Muy baja	5	Muy baja

Fuente: Autor

II.4.3. SELECCIÓN DE ACTIVIDADES A MEDIR

II.4.3.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS OBRAS DONDE SE REALIZARÁ EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.

Los parámetros principales a tener en cuenta para la selección del proyecto fueron los siguientes:

- Obras con un alto número de repeticiones: Se consideraran obras que de preferencia sean de gran magnitud, para de esta manera garantizar que contenga actividades que se repetirán el número suficiente de veces como para permitirnos realizar el estudio pertinente.
- Obras en las cuales se tenga continuidad en el grupo de trabajo que ejecuta las actividades: Las actividades deben ser ejecutadas por un grupo constate de trabajadores, para de esta manera poder obtener datos más fiables, ya que al ser la misma persona quien realiza la actividad quedaría sujeto únicamente a las condiciones del trabajo y a las afecciones que puede sufrir su rendimiento.
- Obras altamente organizadas: Sobre toda actividad debe primar la organización, para así tener establecido con anticipación el tiempo estimado para la ejecución

de cada actividad, así como las personas designadas para la realización de las mismas.

A continuación en el cuadro N° 23, se muestra las características de las obras escogidas, las cuales cumplen con los parámetros mencionados anteriormente.

CUADRO 25: EDIFICACIONES ESCOGIDAS PARA EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

<i>OBRA*</i>	<i>TIPO DE EDIFICACIÓN</i>	<i>SISTEMA ESTRUCTURAL</i>	<i>AREA DE CONSTRUCCIÓN</i>	<i># DE PISOS</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
OBRA 1: Construcción del Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER)	OFICINAS - ALMACÉN	Aporticada	736 m ²	2 + Cobertura	La ejecución está a cargo de la empresa PARTENON CONTRATISTAS EIRL, y por El área de construcción se dividió en 4 SECTORES de Trabajo.
OBRA 2: RESIDENCIAL SAN FRANCISCO II	DEPARTAMENTOS	Dual	Consiste en 6 torres (2 de 231 m ² y 4 de 206 m ²); en total A= 1286 m ²	9	La ejecución está a cargo de Varias Subcontrataciones, para el caso de estudio se trabajó con la empresa JOTACONS E.I.R.L. Las torres sometidas a estudio fueron , La Torre 5 y Torre 4
OBRA 3: VIVIENDA MULTIFAMILIAR	MULTIFAMILIAR	Aporticada	Consiste en dos Bloques de 216 m ² y 167 m ² ; en Total=383 m ²	5 + Semisótano	El propietario designó por administración Directa la ejecución de la Obra, es decir se Contrató a un Residente y un Supervisor. El estudio comenzó cuando se estaba en avance por el 2 Piso.

*Mayor información de las obras en el ANEXO 1

Fuente: Autor

II.4.3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A ANALIZAR.

En el Ítem anterior se han descrito los criterios para la selección de los proyectos de estudio y se realizó una breve descripción del mismo, ahora se analizarán las actividades cuyo rendimiento y consumo de mano de obra van a ser estudiadas basándonos en los requerimientos necesarios para considerar una actividad representativa. Se va a analizar como referencial la obra RESIDENCIAL SAN FRANCISCO II.

Para lograr establecer una jerarquía entre todos los rubros que componen este proyecto vamos a valernos de la Ley de Pareto o Regla 80/20 que propone que el 20% de una serie de factores son responsables del 80% de los impactos que los generan, esto aplicado al campo de la construcción puede entenderse como que el 20% de los rubros más representativos son responsables del 80% del presupuesto total de la obra.

Para ello analizaremos el presupuesto referencial de la Obra N° 2 y calcularemos el peso que cada una de las actividades respecto al costo total. Debido a la gran cantidad de rubros que presenta el proyecto, la Tabla 16: "Análisis Ley de Pareto" nos muestra únicamente los rubros previamente ordenados según su peso de mayor a menor, cuyo peso acumulado este dentro del rango del 80%.

CUADRO 26: ANÁLISIS LEY DE PARETO

RUBROS REPRESENTATIVOS PARA LEY DE PARETO					
N°	DESCRIPCION	UND	PARCIAL S/.	PESO UNITARIO	PESO ACUMULAD
1	ACERO F'Y=4,200 KG/CM2	kg	S/. 1 725 820.21	16.087%	16.087%
2	CONCRETO f'c=210 kg/cm2	m3	S/. 1 650 904.81	15.388%	31.475%
3	ENCOFRADO	m2	S/. 941 864.18	8.779%	40.255%
5	MURO DE SOGA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA	m2	S/. 502 056.00	4.680%	44.934%
6	TRARRAJEO INTERIORES	m2	S/. 412 973.00	3.849%	48.784%
7	EQUIPOS ELECTRICOS Y MECANICOS	und	S/. 403 968.00	3.765%	52.549%
8	LADRILLO HUECO DE ARCILLA DE 15x30x30 PARA LOSA ALIGERA	und	S/. 320 721.66	2.990%	55.539%
9	PUERTA DE MADERA MACHIMBRADA MACIZA SEGUN DISEÑO IN	m2	S/. 260 000.00	2.424%	57.962%
10	CIELORRASOS CON MEZCLA DE CEMENTO-ARENA 1:4	m2	S/. 233 352.00	2.175%	60.138%
11	SALIDAS	pto	S/. 231 636.51	2.159%	62.297%
12	PINTURA LATEX EN MUROS INTERIORES 2 MANOS	m2	S/. 229 140.00	2.136%	64.433%
13	PUENTE METALICO	glb	S/. 208 000.00	1.939%	66.371%
14	VENTANA SISTEMA NOVA SEGUN DISEÑO INCLUIDO ACCES. Y C	m2	S/. 160 000.00	1.491%	67.863%
15	PISO REVESTIDO CON PORCELANATO GRANILLADO PULIDO NEG	m2	S/. 152 528.40	1.422%	69.284%
16	APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS	und	S/. 150 790.30	1.406%	70.690%
17	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA DIST	m3	S/. 146 200.00	1.363%	72.053%
18	ZOCALO DE CERAMICA TIPO BALTICO DE 20x30 CM DE COLOR	m2	S/. 142 830.00	1.331%	73.384%
19	SISTEMA DE AGUA FRIA	pto	S/. 122 434.39	1.141%	74.525%
20	CANALETAS, CONDUCTOS Y/O TUBERIAS	m	S/. 116 445.43	1.085%	75.611%
21	EQUIPOS DE ALUMBRADO INTERIOR Y EXTERIOR	und	S/. 111 274.34	1.037%	76.648%
22	CONTRAPIOS DE 40 MM (Base de 3 cm. Mezcla 1:5 C:A+1 cm. Ac	m2	S/. 110 584.44	1.031%	77.679%
23	INSTALACIONES DE COMUNICACIONES	und	S/. 109 106.84	1.017%	78.696%
24	PINTURA LATEX EN CIELORRASO SOBRE CEMENTO ARENA	m2	S/. 107 730.00	1.004%	79.700%
25	CABLE DE ALUMBRADO, ALUMBRADO DE EMERGENCIA Y	m	S/. 106 071.85	0.989%	80.689%

Fuente: Propia

Luego de obtener los resultados de la Ley de Pareto obtenemos que son 25 los rubros que conforman el 80% del monto de la obra, estas equivalen al 20% del total de actividades que comprenden el proyecto. En la tabla vemos también que las actividades no son continuas, es decir se ejecutan en diferentes instancias del proceso de construcción por lo que debido al tiempo que demanda no es posible estudiarlas a todas, sin embargo con base a esta clasificación podemos deducir que

las actividades de mayor peso son Acero de Refuerzo, Encofrado, Concreto y Albañilería, juntos representan el 44% del monto total de la obra.

Estas actividades cumplen además con ser comunes en la mayoría de obras civiles teniendo así más probabilidad de dar uso a los resultados de este estudio, de esta manera para que otro proyecto se vea en condiciones iguales bastaría con que presente el mismo tipo de técnica constructiva. Otro beneficio que nos brinda es que están entre las primeras actividades en ser ejecutadas en los proyectos, permitiéndonos realizar la toma de datos de manera inmediata.

Con estos antecedentes podemos decir que las actividades mencionadas son las más propicias para obtener datos sobre el rendimiento y consumo de mano de obra, por lo que serán las seleccionadas para ser observadas durante el periodo de tiempo necesario para su ejecución; sin embargo es importante que una actividad cumpla con lo citado en el Cuadro N° 17 “Características requeridas en una actividad” por lo que es necesario revisar esto antes de proceder con la investigación de campo.

CUADRO 25: CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS EN UNA ACTIVIDAD

<i>CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS EN UNA ACTIVIDAD PARA QUE PUEDA SER EVALUADA</i>
<i>Definida</i>
<i>Continua</i>
<i>Típica</i>
<i>Cerrada</i>
<i>Representativa</i>
<i>Normal</i>

Fuente: Trabajo de Investigación. SENA – CAMACOL, CANO R. Antonio, DUQUE V.

Gustavo

A continuación definiremos y analizaremos los detalles necesarios de estas actividades.

A). Acero de Refuerzo $f_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$

Esta actividad es de gran importancia para la construcción de una obra, siendo parte fundamental de cualquier elemento estructural, absorbe todos los esfuerzos de tensión provocados por las cargas, y por los cambios de volumen en el concreto al variar su temperatura.

Las características a cumplir para considerar a esta actividad como representativa son las siguientes:

Definida

El proceso y las características que debe tener esta actividad están claramente establecidas para el constructor en las especificaciones técnicas de los proyectos, a continuación resumiremos los más destacados de estas en cuanto a la ejecución del rubro.

Requerimientos Previos

- Clasificación y emparrillado de las varillas ingresadas a obra, por diámetros.
- Identificaciones claramente visibles. El acero de refuerzo deberá ser almacenado en plataformas u otros soportes adecuados, de forma que se evite el contacto con la superficie del terreno.
- Toda varilla de refuerzo será doblada en frío, y de acuerdo a como se establecen en los planos estructurales respectivos.

Durante la ejecución

- Unificación de medidas y diámetros para cortes en serie.
- Control de longitud de cortes y doblados. El constructor realizará muestras de estribos y otros elementos representativos por su cantidad o dificultad, para su aprobación y el de la fiscalización, antes de proseguir con el trabajo total requerido.
- Doblado y corte en frío, a máquina o a mano. Se permitirá el uso de suelda para el corte, cuando así lo determine la supervisión.
- Control de que las varillas se encuentren libre de pintura, grasas y otro elemento que perjudique la adherencia con el hormigón a fundir.
- Amarres con alambre galvanizado en todos los cruces de varillas.
- El constructor suministrará y colocará los separadores, grapas, sillas metálicas y dados de mortero, para ubicar y fijar el acero de refuerzo, en los niveles y lugares previstos en los planos, asegurando los recubrimientos mínimos establecidos en planos.

Continúa

El cortado, figurado y colocación del acero de refuerzo es una actividad que se ejecuta desde las cimentaciones hasta el final de la estructura por lo que es realizada continuamente durante un gran periodo de tiempo, además de esto el diseño estructural de cada planta de las obras es el mismo por lo que una vez alcanzado el nivel de la primera planta se volverá repetitiva durante las

siguientes plantas altas en las edificaciones, esto hace que la actividad pueda ser considerada como continua y cumpla con este requisito necesario para su selección.

Típica

En nuestro medio podemos observar que las edificaciones y construcciones habitacionales poseen estructuras de concreto armado puesto que presenta aun ventajas sobre la estructura metálica, el acero estructural lo trabajamos con el concreto en su estado fresco por lo que se puede adaptar prácticamente a cualquier forma y tiende a necesitar una menor inversión económica. Esto hace que la actividad sea muy típica no solo en estos proyectos sino en la mayoría de métodos constructivos aplicados en nuestra ciudad.

Cerrada

El acero de refuerzo es la base de la estructura y ya que es necesaria que esta esté concluida para avanzar a otra actividad hace que se vuelva cerrada, sobre todo si enfocamos esto a edificios de varias plantas donde se centra la mano de obra en realizar la armadura de una planta para así proceder con el vaciado de la misma y avanzar a la siguiente planta, concluyendo que no se puede ejecutar ninguna actividad en la estructura de la torre mientras el acero de refuerzo no esté completamente colocado.

Representativa

Exponemos aquí una vez más el hecho de que al ser estos edificios de concreto armado el acero de refuerzo es parte fundamental de los mismos, lo cual se ve reflejada en el cuadro de la ley de Pareto, en la cantidad contratada representa un 16.09% del monto total de la obra.

Normal

La preparación y colocación de acero de refuerzo no requieren ser realizadas bajo ningunas condiciones que estén fuera de lo normal, su cortado y figurado se lo realiza en un lugar con las herramientas necesarias y no demanda ningún equipo o herramienta de uso especial.

B). Encofrado

Los encofrados son formas que pueden ser de madera, acero, fibra acrílica, etc., cuyo objeto principal es contener el concreto dándole la forma requerida debiendo estar de acuerdo con lo especificado en las normas de ACI-347-68.

Definida

Al igual que en la actividad anterior contamos con especificaciones técnicas para la ejecución de este rubro, en estas nos detallan lo siguiente:

- Estos deben tener la capacidad suficiente para resistir la presión resultante de la colocación y vibrado del concreto y la suficiente rigidez para mantener las tolerancias especificadas.
- El encofrado será diseñado para resistir con seguridad todas las cargas impuestas por su propio peso, el peso y empuje del concreto y una sobrecarga

de llenado no inferior a 200 kg/cm².

- La deformación máxima entre elementos de soporte debe ser menor de 1/240 de la luz entre los miembros estructurales.
- Las formas deberán ser herméticas para prevenir la filtración del mortero y serán debidamente arriostradas o ligadas entre sí de manera que se mantengan en la posición y forma deseadas con seguridad.
- Medios positivos de ajuste (cuñas o gatas) de portantes inclinado o puntual, deben ser provistos y todo asentamiento debe ser eliminado durante la operación de colocación del concreto. Los encofrados deben ser arriostrados contra las deflexiones laterales.
- Aberturas temporales deben ser previstas en la base de los encofrados de las columnas, paredes y en otros puntos donde sea necesario facilitar la limpieza e inspección antes de que el concreto sea vaciado.
- Accesorios de encofrados para ser parcial o totalmente empotrados en el concreto, tales como tirantes y soportes colgantes, deben ser de una calidad fabricada comercialmente.
- Los tirantes de los encofrados deben ser hechos de tal manera que las terminales pueden ser removidos sin causar astilladuras en las capas de concreto después que las ligaduras hayan sido removidas. Los tirantes para formas serán regulados en longitud y serán de tipo tal que no dejen elemento de metal alguno más adentro de 1 cm, de la superficie.
- El tamaño y distanciamiento o espaciado de los pies derechos y

largueros deberá ser determinado por la naturaleza del trabajo y la altura del concreto a vaciarse, quedando a criterio del Supervisor dichos tamaños y espaciamiento.

- Inmediatamente después de quitar las formas, la superficie de concreto deberá ser examinada cuidadosamente y cualquier irregularidad deberá ser tratada como ordene el Supervisor.

- **Tolerancia**

En la ejecución de las formas ejecutadas para el encofrado no siempre se obtienen las dimensiones exactas por lo que se ha previsto una cierta tolerancia, esta no quiere decir que deben de usarse en forma generalizada.

Tolerancias Admisibles:

- ☐ Zapatas: En planta de - 6 mm. a + 5 mm, excentricidad 2% del ancho pero no más de 5 cm, reducción en el espesor, 5% de lo especificado.

- ☐ Columnas, Muros, Losas: En las dimensiones transversales de secciones de 6 mm. á + 1.2 cm.

- ☐ Verticalidad: En las superficies de columnas, muros, placas:

Hasta 3 m. 6 mm.

Hasta 6 m. 1 cm.

Hasta 12 m. 2 cm.

- ☐ En gradientes de pisos o niveles, piso terminado en ambos sentidos ± 6 mm.

- ☐ En varias aberturas en pisos, muros hasta 6 mm.

- ☐ En escaleras para los pasos ± 3 mm, para el contrapaso ± 1 mm.
- ☐ En gradas para los pasos ± 6 mm, para el contrapaso ± 3 mm.

Continua

El encofrado va de la mano junto con el acero de refuerzo y concreto siendo necesario su uso desde la etapa de cimentación, a partir del inicio de la estructura se va a realizar esta actividad de manera continua por un largo periodo de tiempo. El proceso es similar en cada una de las plantas de los proyectos estudiados, lo que le da además el carácter de repetitivo haciendo que cumpla con los parámetros necesarios para ser considerada una actividad continua.

Típica

El encofrado es la actividad con mayor frecuencia de uso no solo en los proyectos de estudio sino en la mayoría de construcciones civiles, sobre todo el encofrado con madera ya sean tablas o paneles.

Cerrada

Debido a sus características podemos definir el encofrado como una actividad cerrada, basándonos en que una vez empezado el proceso de encofrado no se puede ejecutar la actividad de vaciado de concreto hasta su culminación.

Representativa

Representa el 8.78% del monto total de la obra por lo que puede ser catalogada como una actividad representativa dentro de la lista de rubros que conforman el proyecto.

Normal

Debido a la frecuencia con la que se da el proceso de encofrado de elementos estructurales, es una actividad que se conoce de manera muy detallada por los trabajadores, sabiendo ellos todos los requerimientos que deben cumplir para obtener un resultado óptimo, esto significa que su ejecución es una actividad de normal cumplimiento.

C). Concreto Armado $f'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ (En obra y/o Premezclado)

El Concreto es el complemento del acero de refuerzo para formar concreto armado, su principal característica estructural es que resiste muy bien los esfuerzos de compresión, pero no tiene buen comportamiento frente a otros tipos de esfuerzos como tracción, flexión, cortante, etc., por este motivo es habitual usarlo asociado a ciertas armaduras de acero.

En esta actividad vamos a analizar las mismas cualidades necesarias que fueron vistas en el acero de refuerzo ya que van de la mano para formar concreto armado, siendo estas las siguientes:

Definida

Al igual que en las actividades anteriores contamos con especificaciones

técnicas para la ejecución de este rubro, en estas nos detallan lo siguiente:

- **Consistencia**

Las proporciones de arena, piedra, cemento, agua convenientemente mezclados deben de presentar un alto grado de trabajabilidad, ser pastosa a fin de que se introduzca en los ángulos de los encofrados, envolver íntegramente los refuerzos, no debiéndose producir segregación de sus componentes. En la preparación de la mezcla debe de tenerse especial cuidado en la proporción de sus componentes sean estos: arena, piedra, cemento y agua, siendo éste último elemento de primordial importancia.

En la preparación del concreto se tendrá especial cuidado de mantener la misma relación agua - cemento para que esté de acuerdo con el Slump previsto en cada tipo de concreto a usarse; a mayor uso de agua es mayor el Slump y menor es la resistencia que se obtiene del concreto.

Ensayo de la Consistencia del Concreto

Se tomarán en cuenta los siguientes lineamientos a fin de realizar la prueba del Slump:

El ensayo de revenimiento o "Slump test", se realizará para comprobar la consistencia del concreto, es decir la capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos. La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido de la mezcla.

Se estima un Slump de no más de 4" como máximo en el resto de edificaciones, con consistencia plástica de la mezcla y que esta sea trabajable, con una compactación con vibración ligera chuseada.

• **Mezclado**

Los materiales convenientemente dosificados y proporcionados en cantidades definidas deben ser reunidos en una sola masa, de características especiales, esta operación debe realizarse en una mezcladora mecánica o Mixer, según sea el caso.

El Residente deberá proveer el equipo apropiado al volumen de la obra a ejecutar y solicitar la aprobación del Supervisor.

Vaciado:

Antes de proceder a esta operación se deberá percatar y tomar las siguientes precauciones:

1. Requisito esencial que el encofrado haya sido concluido íntegramente y deben de haber sido recubiertas las caras que van a recibir el concreto con aceites o agentes tensoactivos o lacas especiales para evitar que el concreto se adhiera a la superficie del encofrado.
2. Los muros que deban estar contacto con el concreto deben mojarse.
3. Los refuerzos de acero deben de estar fuertemente amarrados y sujetos, libres de aceites, grasas, ácidos que puedan mermar su adherencia.
4. Los elementos extraños al encofrado deben ser eliminados.
5. Para el caso de aligerados, deberá de mojarse los ladrillos y cambiar los

que se encuentren rotos o en precario estado.

6. Los separadores temporales deben ser retirados cuando el concreto llegue a su nivel, si es que no está autorizado que estos queden en obra.

7. Debe de inspeccionarse minuciosamente el encofrado de los aligerados; que se encuentren en su posición correcta, todas las instalaciones sanitarias, eléctricas y especiales, así como el refuerzo metálico.

8. El concreto debe de vaciarse en forma continuada y en capas de un espesor tal que el concreto ya depositado en las formas y en su posición final no se haya endurecido ni se haya disgregado de sus componentes y que se permita una buena consolidación a través de vibradores.

9. El concreto siempre se debe verter en las formas en caída vertical, a no más de 50 cm, de altura, se evitará que el concreto en su colocación choque contra las formas.

10. En el caso de que una sección no pueda ser llenada en una sola operación, se ubicarán juntas de construcción de acuerdo a lo indicado en los planos o de acuerdo a las presentes especificaciones, siempre y cuando sean aprobadas por el Supervisor.

- **Consolidación:**

El concreto debe ser trabajado a la máxima densidad posible, debiendo evitarse la formación de bolsas de aire incluido de agregados gruesos, de grumos contra la superficie de los encofrados y de los materiales empotrados en el concreto.

A medida que el concreto es vaciado en las formas, debe ser consolidado total y uniformemente con vibradores eléctrico o neumático para asegurar que se forme una pasta suficientemente densa y que pueda adherirse perfectamente a las armaduras, y que pueda introducirse en las esquinas de los encofrados.

No debe vibrarse en exceso el concreto por cuanto se producen segregaciones que afectan la resistencia que debe de obtenerse.

- **Insertos:**

Las tuberías, manguitos, anclajes, alambres de amarre a muros, dowels, etc., que deban dejarse en el concreto, serán fijadas firmemente en su posición definitiva antes de iniciar el vaciado del concreto. Las tuberías e insertos huecos previas al vaciado serán taponadas convenientemente a fin de prevenir su obstrucción con el concreto.

- **Curado:**

El concreto debe ser protegido de la contracción por secado prematuro por la temperatura excesiva y por la pérdida de humedad debiendo de conservarse esta para la hidratación del cemento y el consecuente endurecimiento del concreto; el curado del concreto debe comenzar a las pocas horas de haberse vaciado y se debe mantener con abundante cantidad de agua por lo menos durante 10 días a una temperatura de 15 °C cuando hay inclusión de aditivos el curado puede ser de cuatro días o menos a juicio del Supervisor.

Continúa

La elaboración de concreto va de la mano junto con el acero de refuerzo

siendo igualmente necesario su uso desde la etapa de cimentación, a partir del inicio de la estructura se va a realizar esta actividad de manera continua por un largo periodo de tiempo. El proceso de colocación de concreto es similar en cada una de las plantas de los proyectos estudiados, lo que le da además el carácter de repetitivo haciendo que cumpla con los parámetros necesarios para ser considerada una actividad continua.

Típica

El concreto es la actividad con mayor frecuencia de uso no solo en estos proyectos sino en la mayoría de construcciones civiles, sin importar el tipo de obra podemos observar concreto cumpliendo funciones incluso no estructurales, puede ser encontrado también en obras complementarias como muros perimetrales, cubierta de parqueadero, cisternas, etc. por lo que es un elemento muy típico de esta construcción.

Cerrada

Debido a sus características podemos definir el concreto como una actividad completamente cerrada, basándonos en que una vez empezado el proceso de fundición no se puede ejecutar ninguna otra actividad en el mismo frente mientras el concreto no haya sido vertido en su totalidad, siendo incluso necesario un lapso de tiempo después de su culminación para esperar que el concreto fragüe antes de poder realizar alguna actividad sobre el mismo.

Representativa

Representa el 15.39% del monto total de la obra por lo que puede ser

catalogada como una actividad representativa dentro de la lista de rubros que conforman el proyecto.

Normal

Debido a la frecuencia con la que se da el proceso de vaciado de concreto, es una actividad que se conoce de manera muy detallada por los trabajadores, sabiendo ellos todos los requerimientos que deben cumplir para obtener un resultado óptimo, esto significa que su ejecución es una actividad de normal cumplimiento.

D). Albañilería, king-kong 18 huecos de arcilla.

Definida

Al igual que en las actividades anteriores contamos con especificaciones técnicas para la ejecución de este rubro, en estas nos detallan lo siguiente:

La ejecución de la albañilería será prolija, los muros quedarán perfectamente aplanados y las hileras bien niveladas guardando uniformidad en toda la edificación. Se humedecerán previamente los ladrillos en agua y en forma tal que queden bien humedecidos y no absorban el agua del mortero. No se permitirá agua vertida sobre el ladrillo puesto en la hilera en su momento de colocación. Si el muro se va a levantar sobre los sobrecimientos se mojará la cara superior de estos. El procedimiento será levantar simultáneamente todos los muros de una sección, colocándose los ladrillos ya mojados sobre una capa

completa de mortero extendida íntegramente sobre la anterior hilada, rellenando luego las juntas verticales con la cantidad suficiente de mortero. El espesor de la junta será de 1.5cm. Promedio con un mínimo de 1.2cm. y máximo de 2cm.

Continua

El asentado de ladrillo KK 18H se va a realizar de manera continua por un largo periodo de tiempo. La distribución es similar en cada una de las plantas de los proyectos estudiados, lo que le da además el carácter de repetitivo haciendo que cumpla con los parámetros necesarios para ser considerada una actividad continua.

Típica

El asentado de ladrillo KK 18H es una actividad con mayor frecuencia en la mayoría de construcciones civil en nuestro medio, incluso puede ser encontrado también en autoconstrucciones.

Cerrada

Podemos definir el concreto como una actividad cerrada, basándonos en que una vez empezado el proceso de asentado no se puede ejecutar ninguna otra actividad, como Tarrajeo, en el mismo frente mientras el muro no haya sido terminado en su totalidad.

Representativa

Representa el 6.69% del monto total de la obra de ejemplo, por lo que puede ser catalogada como una actividad representativa dentro de la lista de rubros

que conforman el proyecto.

Normal

Debido a la frecuencia con la que se da el proceso asentado de ladrillo KK 18H, es una actividad que se conoce de manera muy detallada por los trabajadores, sabiendo ellos todos los requerimientos que deben cumplir para obtener un acabado óptimo, esto significa que su ejecución es una actividad de normal cumplimiento.

II.4.3.3. . DISEÑO DE FORMULARIO PARA LA TOMA DE DATOS.

Para este trabajo de investigación se va a usar el formato propuesto por Cano-Duque, y mejorado por B. Luzuriaga en su trabajo de investigación.

FORMULARIO 1: PARA TOMA DE DATOS

FORMULARIO PARA LA TOMA DE DATOS DE CONSUMO DE MANO DE OBRA												
FECHA:												
PROYECTO:												
CONSTRUCTORA:												
ELABORADO POR:												
ACTIVIDAD:												
UNIDAD:												
DESCRIPCION:												
CANTIDAD EJECUTADA:												
CUADRILLA												
N o.	NOMBRE	CARGO	FACTORES DE EVALUACION TRABAJADOR						TIEMPO			
			SITUACION PERSONAL	RITMO DE TRABAJO	HABILIDAD	CONOCIM.	DESEMP.	ACTITUD	HORA INICIA	HORA FINAL	RECESO 1	RECESO 2
1												
2												
3												
FACTORES DE EVALUACION ACTIVIDAD			FACTORES DE EVALUACION EQUIPAMIENTO				FACTORES DE EVALUACION SUPERVISOR					
DIFICULTAD			HERRAMIENTA				CRITERIOS DE ACEPTACION					
RIESGO			EQUIPO				INSTRUCCIÓN					
DISCONTINUIDAD			MANTENIMIENTO				SEGUIMIENTO					
ORDEN Y ASEO			SUMINISTRO				SUPERVISOR					
ACTIVIDAD PREDECESORA			ELEMENTOS DE PROTECCION				FACTORES DE EVALUACION CLIMA					
TIPICIDAD							ESTADO DE TIEMPO					
ESPACIO							TEMPERATURA					
							CONDICIONES DE SUELO					
							CUBIERTA					
OBSERVACIONES												

Fuente: CANO R. Antonio, DUQUE V. Gustavo.

Trabajo de Investigación. SENA - CAMACOL. Medellín. 200

Modificado por Luzuriaga P. Billy en su trabajo investigación.

Como se observa, el formulario consiste en la recopilación de datos básicos y su evaluación inmediata de los factores de afectación representados por sus respectivos valores numéricos, que se creen que están interviniendo en el momento.

II.4.4. LEVANTAMIENTO Y PROCESAMIENTO DE DATOS.

II.4.4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS.

La recolección de datos necesarios para este estudio fue realizada durante 5 meses aproximadamente, empezando el lunes 5 de octubre del 2015 y terminando el día viernes 04 de marzo del 2016. Durante este periodo de tiempo con permiso de los contratistas a cargo de los proyecto, se levantó la información observando el desarrollo de las actividades seleccionadas desde el inicio hasta el fin de la jornada laboral, llevando un registro diario de todo lo requerido para el formulario 1.

II.4.4.2. REGISTRO DE LA INFORMACIÓN.

Una vez que la observación en campo ha concluido y contamos con la información suficiente tomada en la obra, procedemos a registrar todos los datos en hojas electrónicas para realizar los cálculos necesarios que nos llevaran a establecer un valor final de rendimientos y consumo de mano de obra, ver **Anexo 3**: “Registro de Información recopilada en Obras”.

II.4.4.3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Valiendo de la información registrada en el **Anexo 3** crearemos un nuevo cuadro en el cual calcularemos el rendimiento y consumo de mano de obra y además obtendremos un valor proveniente de los factores de

afectación. Ver **Anexo 4:** “Cálculo global de consumos, rendimientos y factores de afectación”.

1°. Proceso de cálculo de consumo y rendimiento de mano de obra promedio

- **N° de trabajadores:** El número de personas q conforman la cuadrilla.
- **Jornada Efectiva:** Es el resultado de la jornada laboral menos el tiempo de descanso.
- **Cantidad Ejecutada:** Es la unidad de producción realizada
- **Consumo:** Para este cálculo nos valemos de la siguiente formula:

$$\text{Consumo} = \frac{\text{Jornada Efectiva} * \text{Numero de Trabajadores}}{\text{Cantidad Ejecutada}} \dots\dots\dots(1)$$

- **Rendimiento:** Es el opuesto al consumo, para obtenerlo usamos la siguiente formula:

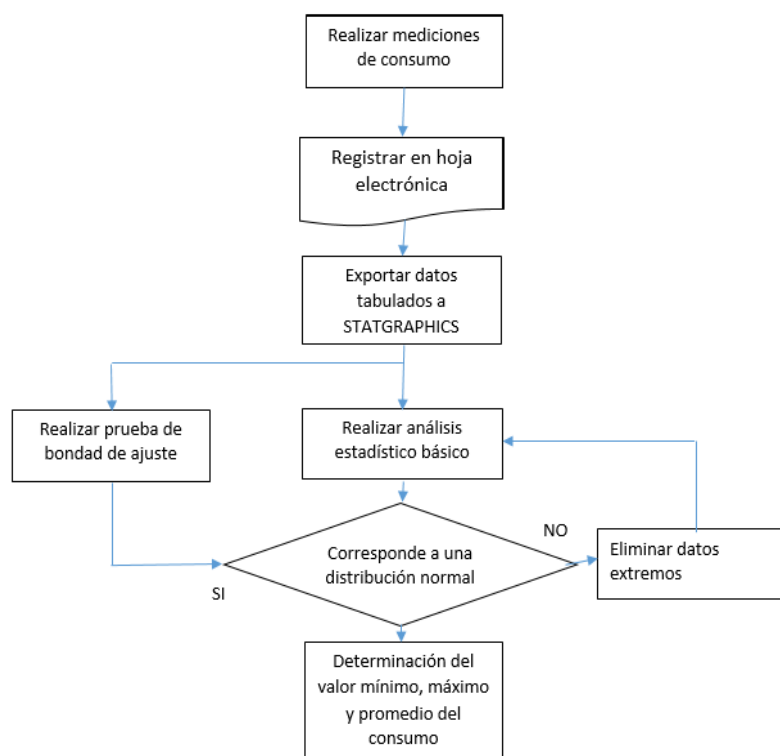
$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Cantidad Ejecutada}}{\text{Jornada Efectiva} * \text{N° de trabajadores}} \dots\dots\dots(2)$$

El cálculo de consumo y rendimiento de mano de obra se realiza por día; sin embargo el resultado que buscamos es un valor que refleje el total de la actividad, por esto realizaremos un promedio del rendimiento de todos los días, que será nuestro valor global al que debemos ajustar en base a los factores de afectación.

CUADRO 28: CÁLCULO DE PROMEDIO DE CONSUMOS Y RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA.

ACTIVIDAD			
Día	Consumo (Hr/Und)	Rendimiento (Und/Hr)	Formula
1	1.246	1.204	A:Promedio Día 1
2	1.944	0.771	B:Promedio Día 2
3	1.195	1.256	C:Promedio Día 3
4	1.397	1.074	D:Promedio Día 4
5	1.462	1.026	E:Promedio Día 5
6	1.563	0.960	F:Promedio Día 6
7	1.446	1.037	G:Promedio Día 7
PROMEDIO GLOBAL	1.465	1.047	(A+B+C+D+E+F+G)/7

Fuente: Autor

ESQUEMA 1: PROCESO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS FACTORES DE AFECTACIÓN

Fuente: Proyecto de investigación. Revista Universidad EAFIT N° 128, BOTERO LUIS.

2°. Proceso de cálculo de los factores de afectación.

Los factores de afectación fueron calificados en sus diferentes categorías con valores desde 1 hasta 5, por lo que el primer paso será convertir estos valores a porcentajes mediante el uso del cuadro N° 14 y luego se procede a promediar obteniendo El factor de afectación Total.

CUADRO 29: CÁLCULO DE PORCENTAJE PROMEDIO EN CATEGORÍAS DE FACTORES DE AFECTACIÓN

FACTORES DE AFECTACIÓN									
ECONOMIA	ASPECTOS LABORALES	CLIMA	ACTIVIDAD	EQUIPAMIENTO	SUPERVISOR	TRABAJADOR	SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN EN OBRA	GESTIÓN DE RIESGOS	PROMEDIO
64.58%	72.86%	72.81%	62.86%	63.00%	68.75%	69.06%	64.75%	70.88%	67.73%
A	B	C	D	E	F	G	H	I	$(A+B+C+D+E+F+G+H+I)/9$

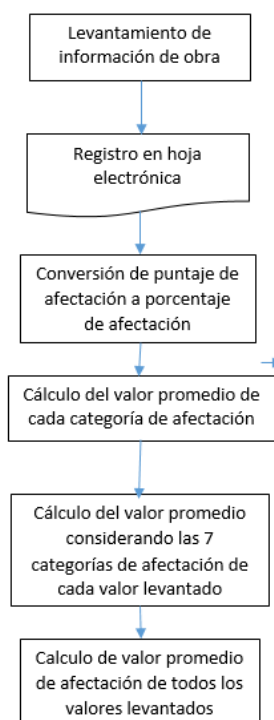
Fuente: Autor

Al igual que en el cálculo de consumo y rendimiento de mano de obra necesitamos obtener un solo valor que representa la afectación global que tienen los datos, para esto debemos promediar el porcentaje de afectación que obtuvimos en los días en los cuales se realizó la recolección de información en la obra.

CUADRO 30: CÁLCULO DE PORCENTAJE GLOBAL DE AFECTACIÓN.

ACTIVIDAD		
Día	Porcentaje de Afectación	Fórmula
1	67.70%	A:Promedio Día 1
2	67.91%	B:Promedio Día 2
3	67.61%	C:Promedio Día 3
4	67.75%	D:Promedio Día 4
5	67.75%	E:Promedio Día 5
6	67.86%	F:Promedio Día 6
7	67.75%	G:Promedio Día 7
PROMEDIO GLOBAL	67.76%	$(A+B+C+D+E+F+G)/7$

Fuente: Autor

ESQUEMA 2: PROCESO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS FACTORES DE AFECTACIÓNFuente: Proyecto de Tesis. Universidad de Cuenca, *CALLE CARLOS*.

3°. Proceso de cálculo de consumo y rendimiento de mano de obra normalizado.

Obtener el consumo y rendimiento de mano de obra normalizado es primordial para realizar el objetivo principal de nuestro estudio, esto nos dará un valor con mayor fiabilidad debido a que está ajustado a la condiciones de la obra. Las fórmulas para el consumo de mano de obra y para el rendimiento normalizado están compuestas de la siguiente manera:

$$\text{Consumo Normalizado} = \text{Consumo Promedio} * \frac{\text{Porcentaje de Afectacion Base}}{\text{Porcentaje Global de Afectacion}}$$

.....(3)

$$\text{Rend. Normalizado} = \text{Rendimiento Promedio} * \frac{\text{Porcentaje Global de Afectacion}}{\text{Porcentaje de Afectacion Base}}$$

.....(4)

CAPITULO III

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

III.1. CONSUMOS NORMALIZADOS EN
ACTIDADES DE CONSTRUCCIÓN

III.2. ANÁLISIS DEL COSTO DE MANO DE OBRA
A PARTIR DEL CONSUMO NORMALIZADO

III.3. MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL PARA
CONSUMOS DE MANO DE OBRA EN
ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN

III.4. SOFTWARE PARA CÁLCULO DEL CONSUMO
DE MANO DE OBRA EN ACTIVIDADES DE
CONSTRUCCIÓN

III.1. CONSUMOS NORMALIZADOS EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN

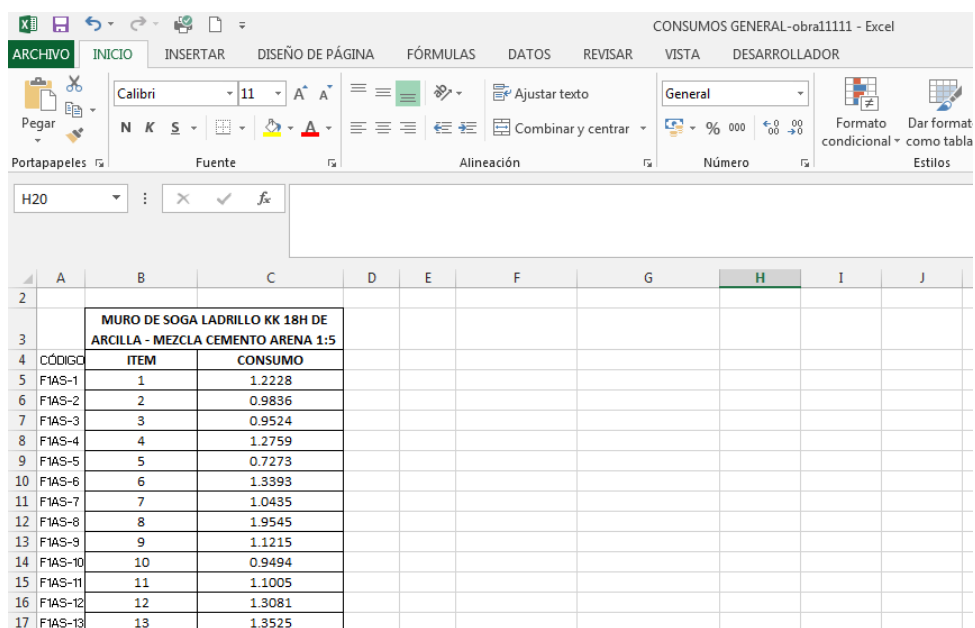
III.1.1. PROCESAMIENTO DE DATOS DE CONSUMO.

Como ejemplo del análisis estadístico, se presenta lo correspondiente a la actividad de MURO DE SOGA LADRILLO KK 18H, las demás actividades se encuentran en el **Anexo 4: Cálculo Estadístico**.

III.1.1.1. ACTIVIDAD: MURO DE SOGA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA

a) Registro de datos en hoja electrónica

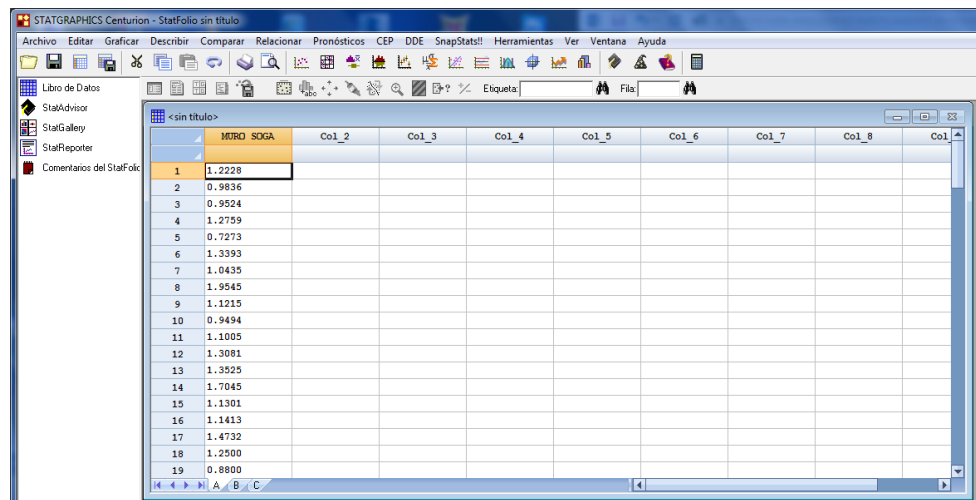
GRÁFICO 3: REGISTRO DE DATOS EN HOJA ELECTRÓNICA



CÓDIGO	ITEM	CONSUMO
FIAS-1	1	1.2228
FIAS-2	2	0.9836
FIAS-3	3	0.9524
FIAS-4	4	1.2759
FIAS-5	5	0.7273
FIAS-6	6	1.3393
FIAS-7	7	1.0435
FIAS-8	8	1.9545
FIAS-9	9	1.1215
FIAS-10	10	0.9494
FIAS-11	11	1.1005
FIAS-12	12	1.3081
FIAS-13	13	1.3525

Fuente: Software - Elaboración propia.

b) Exportación de datos de consumo a STATGRAPHICS

GRÁFICO 4: EXPORTACIÓN DE DATOS DE CONSUMO A STATGRAPHICS.

Fuente: Software - Elaboración propia.

c) Análisis estadístico básico del consumo.

Mediante la aplicación del programa STATGRAPHICS se realiza el cálculo de indicadores básicos de la estadística.

TABLA 1: RESUMEN ESTADÍSTICO PARA CONSUMO MURO SOGA

Recuento	159
Promedio	1.4964
Mediana	1.4844
Varianza	0.1413
Desviación Estándar	0.3759
Coeficiente de Variación	25.119%
Mínimo	0.8534
Máximo	2.4740
Rango	1.6206
Cuartil Inferior	1.1818
Cuartil Superior	1.7541
Sesgo Estandarizado	1.9403
Curtosis Estandarizada	-1.3799

Fuente: Software - Elaboración propia.

Esta tabla muestra los datos estadísticos de resumen para CONSUMO DE

MURO SOGA, incluye medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y medidas de forma.

De particular interés aquí son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada, las cuales pueden utilizarse para determinar si la muestra proviene de una distribución normal.

Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar cualquier prueba estadística con referencia a la desviación estándar.

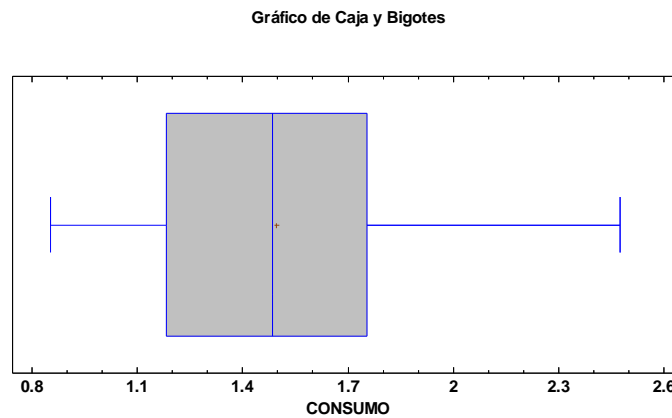
En este caso, el valor del sesgo estandarizado se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes una distribución normal. El valor de curtosis estandarizada se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal.

GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES

Es un gráfico diseñado para ilustrar propiedades importantes de una columna de datos numérica. Resume una muestra de datos a través de 5 estadísticas:

1. Mínimo
2. Cuartil Inferior
3. Mediana
4. Cuartil Superior
5. Máximo

También podemos detectar la presencia de datos atípicos.

GRÁFICO 5: CAJA Y BIGOTES: CONSUMO MURO SOGA

Fuente: Software - Elaboración propia.

TABLA DE FRECUENCIAS.

La tabulación de frecuencias se realiza dividiendo el rango de Muro Soga en intervalos del mismo ancho; y contando el número de datos en cada intervalo.

Las frecuencias muestran el número de datos en cada intervalo, mientras que las frecuencias relativas muestran las proporciones en cada intervalo. Los resultados de la tabulación de frecuencias pueden verse gráficamente en el histograma.

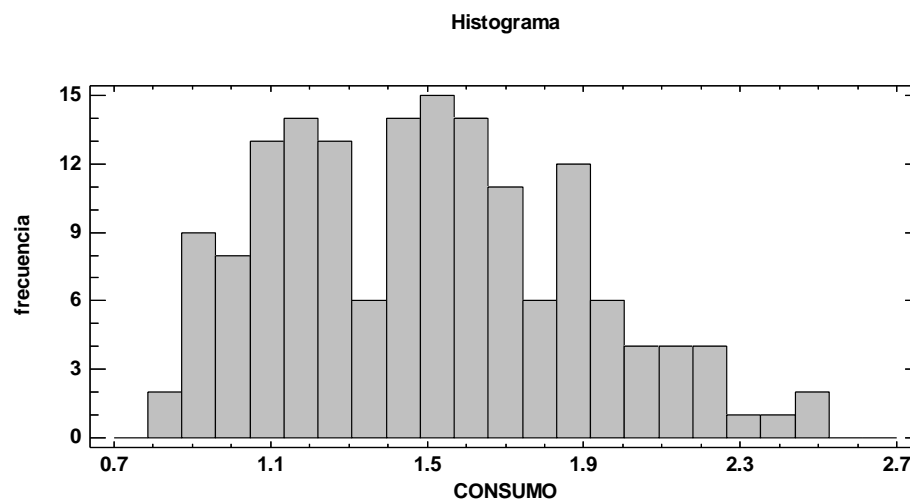
TABLA 2: DE FRECUENCIAS PARA CONSUMO MURO SOGA

<i>Clase</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>	<i>Punto Medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia Relativa</i>	<i>Frecuencia Acumulada</i>	<i>Frecuencia Rel. Acum.</i>
	menor o igual	0.700		0	0.000	0.000	0.000
1	0.70	0.787	0.743	0	0.000	0.000	0.000
2	0.79	0.874	0.830	2	0.013	2.000	0.013
3	0.87	0.961	0.917	9	0.057	11.000	0.069
4	0.96	1.048	1.004	8	0.050	19.000	0.120
5	1.05	1.135	1.091	13	0.082	32.000	0.201
6	1.13	1.222	1.178	14	0.088	46.000	0.289
7	1.22	1.309	1.265	13	0.082	59.000	0.371
8	1.31	1.396	1.352	6	0.038	65.000	0.409
9	1.40	1.483	1.439	14	0.088	79.000	0.497
10	1.48	1.570	1.526	15	0.094	94.000	0.591
11	1.57	1.657	1.613	14	0.088	108.000	0.679
12	1.66	1.743	1.700	11	0.069	119.000	0.748
13	1.74	1.830	1.787	6	0.038	125.000	0.786
14	1.83	1.917	1.874	12	0.076	137.000	0.862
15	1.92	2.004	1.961	6	0.038	143.000	0.899
16	2.00	2.091	2.048	4	0.025	147.000	0.925
17	2.09	2.178	2.135	4	0.025	151.000	0.950
18	2.18	2.265	2.222	4	0.025	155.000	0.975
19	2.27	2.352	2.309	1	0.006	156.000	0.981
20	2.352	2.439	2.396	1	0.006	157.000	0.987
21	2.439	2.526	2.483	2	0.013	159.000	1.000
22	2.526	2.613	2.570	0	0.000	159.000	1.000
23	2.613	2.700	2.657	0	0.000	159.000	1.000
	mayor de	2.700		0.000	0.000	159.000	1.000

Fuente: Software - Elaboración propia.

HISTOGRAMA

Ilustra la distribución de los valores de una variable numérica agrupando los datos en intervalos y graficando barras en las cuales la altura es proporcional al número de observaciones en cada grupo. Para una muestra relativamente grande, la gráfica da una buena idea de la forma de la distribución de la cual los datos fueron muestreados.

GRÁFICO 6: HISTOGRAMA- MURO SOGA

Fuente: Software - Elaboración propia.

Intervalos de Confianza para CONSUMO MURO SOGA

A continuación se muestra los intervalos de confianza para la media y la desviación estándar:

INTERVALOS DE CONFIANZA

TABLA 3: INTERVALOS DE CONFIANZA PARA CONSUMO MURO SOGA

Intervalos de confianza del 95.0% para la media:	1.49636 +/- 0.0588741 [1.43749, 1.55524]
Intervalos de confianza del 95.0% para la desviación estándar:	[0.338597, 0.422434]

Fuente: Software - Elaboración propia.

Los intervalos de confianza al 95% se construyen de tal manera que en repetidos muestreos el 95% de tales intervalos contendrán el verdadero valor

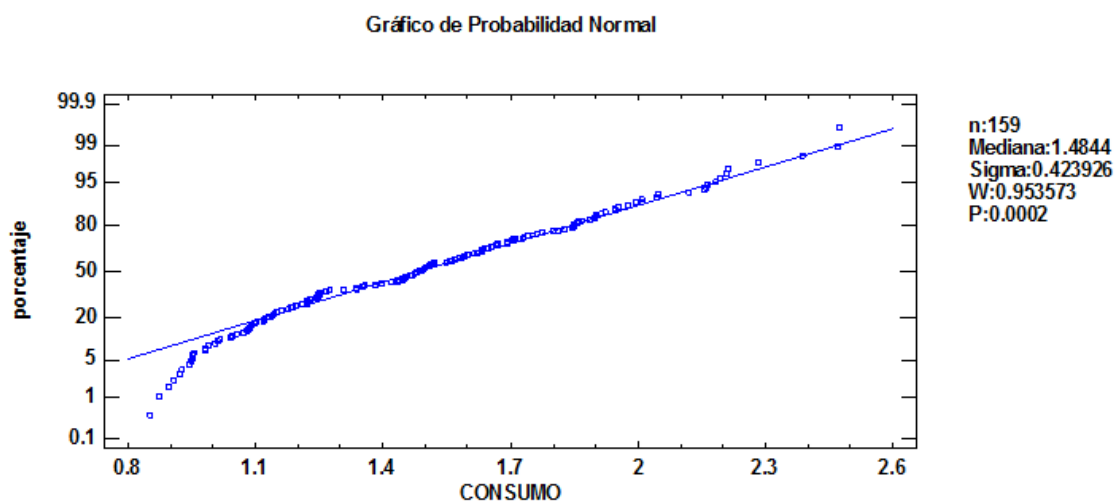
del parámetro que se estima. También se le puede considerar como un intervalo de confianza, como especificando el “margen de error”.

Los intervalos de confianza para la media y la desviación estándar se aceptan en el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal.

GRÁFICO DE PROBABILIDAD NORMAL

Según Quevedo, H y Pérez, B. esta prueba se basa en las calificaciones normales de los valores de la muestra y en el principio usado para graficar en el papel probabilístico normal. Si una muestra proviene de una distribución normal, al ordenar la muestra, calcular la frecuencia relativa acumulada y graficarla en un papel probabilístico normal, los datos deben alinearse en una línea recta.

GRÁFICO 7: PROBABILIDAD NORMAL: MURO SOGA



Fuente: Software - Elaboración propia.

Se comprueba una vez más que la muestra proviene de una distribución normal.

III.1.2. ELIMINACIÓN DE DATOS EXTREMOS DEL CONSUMO.

Este paso se lleva adelante si el primer análisis estadístico arroja que los datos del consumo se apartan de una distribución normal, procediendo a eliminar datos extremos utilizando el siguiente criterio:

Límite superior: Cuartil superior + 1.5 desviación estándar

Límite inferior: Cuartil inferior – 1.5 desviación estándar

Para el caso de la actividad de MURO DE SOGA los datos levantados se enmarcan en una distribución normal, por lo que no es necesario realizar la eliminación de datos extremos.

III.1.3. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE DEL CONSUMO.

Se utiliza para determinar si las observaciones realizadas son similares a lo esperado dentro de una distribución normal.

TABLA 4: PRUEBA CHI-CUADRADA

	Límite Inferior	Límite Superior	Frecuencia Observada	Frecuencia Esperada	Chi-Cuadrada
<i>menor o igual</i>		0.813	0.000	5.480	5.480
	0.813	0.939	6.000	5.480	0.050
	0.939	1.022	11.000	5.480	5.550
	1.022	1.087	7.000	5.480	0.420
	1.087	1.141	9.000	5.480	2.260
	1.141	1.189	8.000	5.480	1.160
	1.189	1.233	8.000	5.480	1.160
	1.233	1.273	8.000	5.480	1.160
	1.273	1.310	2.000	5.480	2.210
	1.310	1.346	2.000	5.480	2.210
	1.346	1.381	2.000	5.480	2.210
	1.381	1.415	3.000	5.480	1.120
	1.415	1.447	5.000	5.480	0.040
	1.447	1.480	7.000	5.480	0.420
	1.480	1.513	9.000	5.480	2.260
	1.513	1.545	3.000	5.480	1.120
	1.545	1.578	4.000	5.480	0.400
	1.578	1.612	5.000	5.480	0.040
	1.612	1.646	6.000	5.480	0.050
	1.646	1.682	6.000	5.480	0.050
	1.682	1.720	5.000	5.480	0.040
	1.720	1.760	4.000	5.480	0.400
	1.760	1.804	3.000	5.480	1.120
	1.804	1.851	5.000	5.480	0.040
	1.851	1.906	8.000	5.480	1.160
	1.906	1.971	5.000	5.480	0.040
	1.971	2.054	6.000	5.480	0.050
	2.054	2.180	4.000	5.480	0.400
<i>mayor</i>	2.180		8.000	5.480	1.160
Chi-Cuadrada = 33.7862 con 26 g.l. Valor-P = 0.140493					

Fuente: Software - Elaboración propia.

TABLA 5: PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

	Normal
<i>DMAS</i>	0.095
<i>DMENOS</i>	0.044
<i>DN</i>	0.095
<i>Valor-P</i>	0.113

Fuente: Software - Elaboración propia.

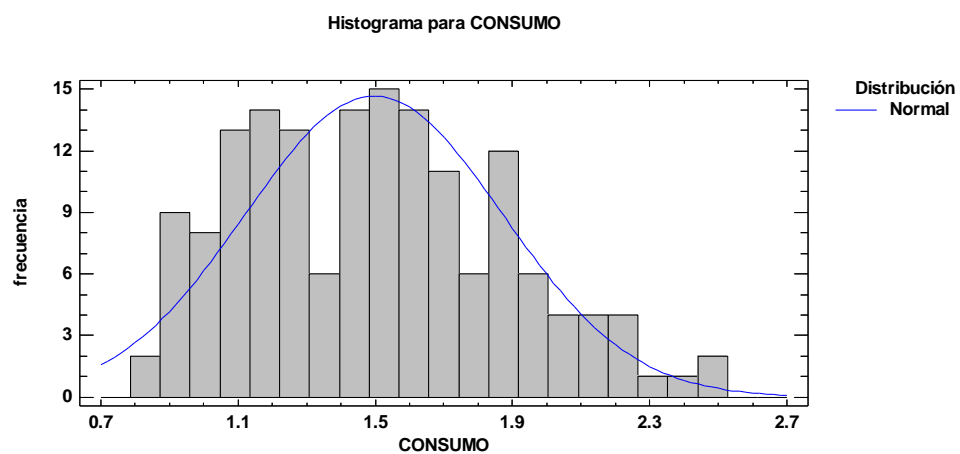
Los cuadros anteriores muestran los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si el CONSUMO MURO SOGA puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

La prueba de chi-cuadrada divide el rango de CONSUMO MURO SOGA en intervalos no traslapables y compara el número de observaciones en cada clase con el número esperado con base en la distribución ajustada.

La prueba de Kolmogorov-Smirnov calcula la distancia máxima entre la distribución acumulada de CONSUMO MURO SOGA y la FDA de la distribución normal ajustada. En este caso, la distancia máxima es 0.0950014. Los demás estadísticos comparan la función de distribución empírica con la FDA ajustada, en diferentes formas.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que CONSUMO MURO SOGA proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

GRÁFICO 8: HISTOGRAMA - PROBABILIDAD NORMAL: MURO SOGA



Fuente: Software - Elaboración propia.

a) Determinación del valor mínimo, promedio y máximo del consumo.

Una vez que se ha demostrado que los datos obtenidos obedecen a una distribución normal, así como también se ha determinado que las observaciones realizadas son similares a lo esperado dentro de una distribución normal. Del análisis estadístico básico se determinan los siguientes valores:

- Mínimo y Máximo:

<i>Mínimo</i>	0.8534
<i>Máximo</i>	2.4740

- Promedio:

<i>Promedio</i>	1.4964
-----------------	--------

b) Registro, conversión y Cálculo de los datos de factores de afectación

Con el procedimiento del cuadro N° 28 obtenemos el Valor Global de los promedios de los factores de afectación, los cuales se mostraran en el **ANEXO 4**.

c) Cálculo del consumo estándar o normalizado de la actividad en análisis.

El consumo estándar o normalizado se calcula con la Ecuación 3, para nuestro caso de Muro sogá tenemos lo siguiente:

$$\text{Consumo Promedio} = 1.4964 \text{ Hh/m}^2$$

$$\% \text{ de afectación base} = 70 \%$$

% Global de afectación = **67.18 %**

$$\text{Consumo Normalizado} = \text{Consumo Promedio} * \frac{\text{Porcentaje de Afectacion Base}}{\text{Porcentaje Global de Afectacion}}$$

Reemplazando obtenemos:

$$\text{CONSUMO NORMALIZADO} = 1.4964 \times \frac{70}{67.18} = 1.559 \text{ Hh/m}^2$$

El valor calculado será el empleado para la elaboración del análisis costo de mano de obra.

La Actividad de Desencofrado en los diferentes elementos estructurales no se consideró en el estudio debido a la poca cantidad de datos disponibles y la no confiabilidad de estos.

A continuación, ver Cuadro N° 31, se presenta un cuadro resumen con los resultados obtenidos a partir de la información levantada en obra y los cálculos correspondientes:

CUADRO 31: RESUMEN – CONSUMOS NORMALIZADOS

#	ACTIVIDAD	SESGO STANDARIZADO	CURTOSIS STANDARIZA DA	CONSUMO MÁXIMO	CONSUMO MÍNIMO	CONSUMO PROMEDIO	EFICIENCIA NORMAL	AFECCIÓN GLOBAL	CONSUMO NORMALIZADO
1	MURO DE SOGA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA	1.940	1.380	2.474	0.853	1.496	70.00%	67.18%	1.559
2	MURO DE CABEZA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA	0.613	-1.101	1.992	1.295	1.611	70.00%	67.40%	1.673
3	ENCOFRADO EN SOBRECIMIENTO ARMADO	1.270	0.407	1.266	0.618	0.867	70.00%	66.18%	0.917
4	ENCOFRADO EN COLUMNAS	-0.007	-0.919	1.765	0.668	1.015	70.00%	65.94%	1.078
5	ENCOFRADO EN PLACAS	0.764	-0.001	1.145	0.713	0.924	70.00%	66.54%	0.972
6	ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS (fondos)	-0.633	-0.124	3.098	0.967	2.107	70.00%	65.96%	2.236
7	ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS (tapas)	1.554	-0.638	1.596	0.663	1.066	70.00%	65.02%	1.148
8	ENCOFRADO NORMAL PARA LOSA ALIGERADA	0.585	-1.979	0.637	0.344	0.475	70.00%	66.15%	0.503
9	ACERO EN ZAPATAS DE F _Y =4,200 KG/CM ²	0.273	-0.722	0.059	0.039	0.048	70.00%	67.47%	0.050
10	ACERO EN COLUMNAS DE F _Y =4,200 KG/CM ²	1.009	-0.311	0.066	0.047	0.055	70.00%	65.94%	0.058
11	ACERO EN PLACAS DE F _Y =4,200 KG/CM ²	-0.153	-0.768	0.056	0.050	0.053	70.00%	67.67%	0.054
12	ACERO EN VIGAS DE F _Y =4,200 KG/CM ²	0.443	-0.516	0.073	0.027	0.051	70.00%	65.92%	0.054
13	ACERO EN LOSAS MACIZAS DE F _Y =4,200 KG/CM ²	0.318	-0.734	0.057	0.035	0.045	70.00%	66.48%	0.048
14	ACERO EN LOSAS ALIGERADAS DE F _Y =4,200 KG/CM ²	-0.184	-0.336	0.046	0.033	0.040	70.00%	65.64%	0.043
15	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm ² - LOSA ALIGERADA Y VIGAS	-1.043	-0.654	0.452	0.341	0.410	70.00%	66.31%	0.433
16	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm ² - COLUMNAS	0.497	-0.080	0.768	0.541	0.637	70.00%	65.40%	0.682
17	CONCRETO EN PLACAS f'c=210 kg/cm ²	0.611	-0.640	11.245	5.215	7.967	70.00%	67.18%	8.301

Fuente: Autor.

III.2. ANÁLISIS DEL COSTO DE MANO DE OBRA A PARTIR DEL CONSUMO NORMALIZADO

El consumo puede ser utilizado para determinar los costos de las actividades o partidas de construcción. Utilizaremos las formulas anteriormente planteadas:

Sabemos que el consumo es:

$$\text{Consumo} = \frac{(N^{\circ} \text{trabajadore}) \times (\text{Jornada efect.})}{\text{Cantidad ejecut.}}$$

De la formula anterior despejamos "Cantidad ejecutada":

$$\text{Cantidad ejecut.} = \frac{(N^{\circ} \text{trabajadore}) \times (\text{Jornada efect.})}{\text{Consumo}}$$

Luego en la fórmula de rendimientos Diarios:

$$\text{Rend. Diario} = \frac{(\text{Cantidad ejecut.})}{\text{Jornada efect.}} \times \left(\frac{8 \text{ Hh}}{1 \text{ Día}} \right)$$

Reemplazamos la Cantidad ejecutada despejada anteriormente obtenemos:

$$\text{Rend. Diario} = \frac{(N^{\circ} \text{trabajadore})}{\text{Consumo}} \times \left(\frac{8 \text{ Hh}}{\text{Día}} \right)$$

Usando esta fórmula convertimos los Consumos normalizados (Cuadro 31) en Rendimientos Diarios con el fin de poder reemplazarlos en el Análisis de Precios Unitarios de sus partidas correspondientes.

CUADRO 32: RENDIMIENTOS DIARIOS

#	ACTIVIDAD	CONSUMO NORMALIZADO	UND	Rendimientos Diarios según Estudió	Rendimientos CAPECO-2014	UND
1	MURO DE SOGA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA	1.559	Hh/m2	7.697	9	m2/Dia
2	MURO DE CABEZA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA	1.673	Hh/m2	7.173	6	m2/Dia
3	ENCOFRADO EN SOBRECIMIENTO ARMADO	0.917	Hh/m2	17.449	16	m2/Dia
4	ENCOFRADO EN COLUMNAS	1.078	Hh/m2	14.844	9	m2/Dia
5	ENCOFRADO EN PLACAS	0.972	Hh/m2	16.457	9	m2/Dia
6	ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS (fondos)	2.236	Hh/m2	8.946	9	m2/Dia
7	ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS (tapas)	1.148	Hh/m2	17.427	9	m2/Dia
8	ENCOFRADO NORMAL PARA LOSA ALIGERADA	0.503	Hh/m2	31.840	12	m2/Dia
9	ACERO EN ZAPATAS DE FY=4,200 KG/CM2	0.050	Hh/kg	321.874	250	kg/Dia
10	ACERO EN COLUMNAS DE FY=4,200 KG/CM2	0.058	Hh/kg	273.636	250	kg/Dia
11	ACERO EN PLACAS DE FY=4,200 KG/CM2	0.054	Hh/kg	294.424	300	kg/Dia
12	ACERO EN VIGAS DE FY=4,200 KG/CM2	0.054	Hh/kg	294.369	250	kg/Dia
13	ACERO EN LOSAS MACIZAS DE FY=4,200 KG/CM2	0.048	Hh/kg	335.573	250	kg/Dia
14	ACERO EN LOSAS ALIGERADAS DE FY=4,200 KG/CM2	0.043	Hh/kg	376.409	250	kg/Dia
15	CONCRETO PREMEZCLADO $f'c=210$ kg/cm2 - LOSA ALIGERADA Y VIGAS	0.433	Hh/m3	147.904	60	m3/Dia
16	CONCRETO PREMEZCLADO $f'c=210$ kg/cm2- COLUMNAS	0.682	Hh/m3	93.838	30	m3/Dia
17	CONCRETO EN PLACAS $f'c=210$ kg/cm2	8.301	Hh/m3	15.420	8	m3/Dia

Fuente: Autor.

Del cuadro anterior podemos mencionar:

Las actividades de Muro de Soga y de Cabeza tienen consumos muy cercanos; cabe mencionar que los datos manejados de Muro en cabeza solo se leió en una obra, donde se levantó datos con muros largos mayores a 4m.

En las actividades de Encofrado de Vigas en Fondos y Tapas, para obtener el rendimiento propio de viga netamente se debe promediar los consumos de estos dos valores, entonces tenemos en consumo 1.692 Hh/m2 y en rendimiento 11.82 m2/día.

En vaciado de Concreto premezclado en columnas y Losas se observa una gran diferencia entre el Rendimiento real y lo dispuesto por CAPECO.

A partir de los cuadros anteriores obtenemos:

CUADRO 33: PORCENTAJE COSTO PAGADO / COSTO ESTUDIO.

#	ACTIVIDAD	UND	Precio pagado	Precio según estudio	% Precio Pagado/ Precio estudio
1	MURO DE SOGA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA	m2	63.247	64.357	98%
2	MURO DE CABEZA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA	m2	80.150	66.495	121%
3	ENCOFRADO EN SOBRECIMIENTO ARMADO	m2	26.205	24.712	106%
4	ENCOFRADO EN COLUMNAS	m2	55.466	42.883	129%
5	ENCOFRADO EN PLACAS	m3	50.533	34.170	148%
6	ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS (fondos)	m2	67.712	58.422	116%
7	ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS (tapas)	m2	67.712	58.422	116%
8	ENCOFRADO NORMAL PARA LOSA ALIGERADA	m2	50.528	35.300	143%
9	ACERO EN ZAPATAS DE F'Y=4,200 KG/CM2	kg	4.079	3.822	107%
10	ACERO EN COLUMNAS DE F'Y=4,200 KG/CM2	kg	4.102	4.000	103%
11	ACERO EN PLACAS DE F'Y=4,200 KG/CM2	kg	3.854	3.873	100%
12	ACERO EN VIGAS DE F'Y=4,200 KG/CM2	kg	4.102	3.925	105%
13	ACERO EN LOSAS MACIZAS DE F'Y=4,200 KG/CM2	kg	4.102	3.708	111%
14	ACERO EN LOSAS ALIGERADAS DE F'Y=4,200 KG/CM2	kg	4.102	3.802	108%
15	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 - LOSA ALIGERADA Y VIGAS	m3	457.564	446.935	102%
16	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2- COLUMNAS	m3	475.454	451.117	105%
17	CONCRETO EN PLACAS f'c=210 kg/cm2	m3	502.162	385.862	130%

Fuente: Autor.

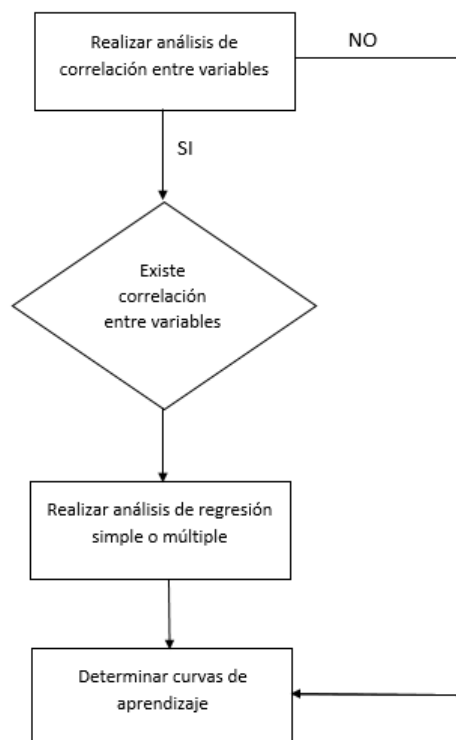
Al reemplazar los rendimientos según estudio, es decir los rendimientos normalizados en los Análisis de Precios Unitarios obtenemos un monto por partida como se observa en la tabla anterior, de la cual se puede resaltar:

Encofrado de Columnas y Placas presentan una ganancia para el contratista de 29% y 48% respectivamente, esto debido al alto rendimiento de estas.

En general no se observa pérdidas considerables para el contratista, por el contrario las ganancias son elevadas pudiéndose incluso incrementar con una adecuada gestión de la producción de mano de obra.

III.3. MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL PARA CONSUMOS DE MANO DE OBRA EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN.

Esquema 3: Proceso: análisis de Regresión



Fuente: Proyecto de investigación. Revista Universidad EAFIT N° 128, *BOTERO LUIS*.

III.3.1. ANÁLISIS DE REGRESIÓN

El análisis de regresión permite establecer modelos ajustados expresados como ecuaciones que describen como se relacionan el valor medio o esperado de una variable dependiente con una variable independiente (Regresión Simple) o varias variables independientes (Regresión Múltiple).

Como ejemplo del Análisis de Regresión se presentan lo correspondiente a la actividad de ENCOFRADO EN COLUMNAS, y los correspondientes a las demás actividades se encuentran en el Anexo 6: Análisis del Modelo de Regresión Lineal.

III.3.1.1. ACTIVIDAD: ENCOFRADO EN COLUMNAS

a) Registro de datos en hoja electrónica

GRÁFICO 9: REGISTRO DE DATOS EN HOJA ELECTRÓNICA

ARCHIVO

INICIO

INSERTAR

DISEÑO DE PÁGINA

FÓRMULAS

DATOS

REVISAR

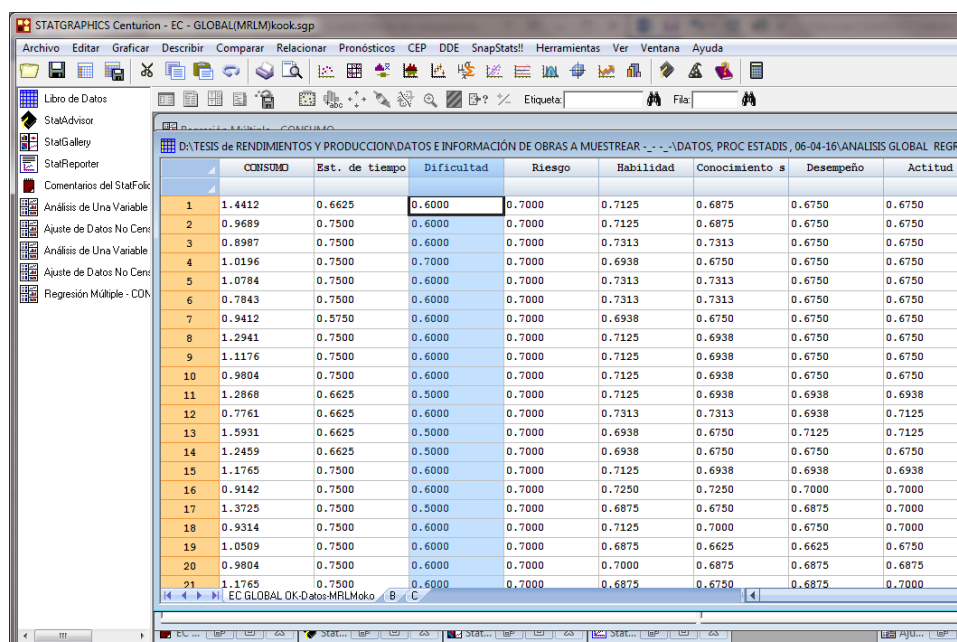
VISTA

DESARROLLADOR

Fuente: Software - Elaboración propia.

b) Exportación de datos de consumo a STATGRAPHICS o SPSS

GRÁFICO 10: EXPORTACIÓN DE DATOS DE CONSUMO A STATGRAPHICS.



	CONSUMO	Est. de tiempo	Dificultad	Riesgo	Habilidad	Conocimiento s	Desempeño	Actitud
1	1.4412	0.6625	0.6000	0.7000	0.7125	0.6875	0.6750	0.6750
2	0.9689	0.7500	0.6000	0.7000	0.7125	0.6875	0.6750	0.6750
3	0.8987	0.7500	0.6000	0.7000	0.7313	0.7313	0.6750	0.6750
4	1.0196	0.7500	0.7000	0.7000	0.6938	0.6750	0.6750	0.6750
5	1.0784	0.7500	0.6000	0.7000	0.7313	0.7313	0.6750	0.6750
6	0.7843	0.7500	0.6000	0.7000	0.7313	0.7313	0.6750	0.6750
7	0.9412	0.5750	0.6000	0.7000	0.6938	0.6750	0.6750	0.6750
8	1.2941	0.7500	0.6000	0.7000	0.7125	0.6938	0.6750	0.6750
9	1.1176	0.7500	0.6000	0.7000	0.7125	0.6938	0.6750	0.6750
10	0.9804	0.7500	0.6000	0.7000	0.7125	0.6938	0.6750	0.6750
11	1.2868	0.6625	0.5000	0.7000	0.7125	0.6938	0.6938	0.6938
12	0.7761	0.6625	0.6000	0.7000	0.7313	0.7313	0.6938	0.7125
13	1.5931	0.6625	0.5000	0.7000	0.6938	0.6750	0.7125	0.7125
14	1.2459	0.6625	0.5000	0.7000	0.6938	0.6750	0.6750	0.6750
15	1.1765	0.7500	0.6000	0.7000	0.7125	0.6938	0.6938	0.6938
16	0.9142	0.7500	0.6000	0.7000	0.7250	0.7250	0.7000	0.7000
17	1.3725	0.7500	0.5000	0.7000	0.6875	0.6750	0.6875	0.7000
18	0.9314	0.7500	0.6000	0.7000	0.7125	0.7000	0.6750	0.7000
19	1.0509	0.7500	0.6000	0.7000	0.6875	0.6625	0.6625	0.6750
20	0.9804	0.7500	0.6000	0.7000	0.7000	0.6875	0.6875	0.6875
21	1.1765	0.7500	0.6000	0.7000	0.6875	0.6750	0.6875	0.7000

Fuente: Software - Elaboración propia.

c) Análisis de Regresión simple o múltiple del consumo.

Mediante la aplicación del programa STATGRAPHICS o SPSS se realiza el procedimiento de regresión con múltiples variables:

NOTA: El primer análisis incluye todas las variables del estudio, el Software de análisis nos indica que variables independientes no tienen relación significativa con la variable Consumo, y estas se descartan quedando solo algunas como se muestra a continuación.

Variable dependiente: CONSUMO Encofrado de Columnas

Variables independientes: Actitud, Dificultad, Conocimientos

Ajustamos un modelo de regresión que responde a una expresión del tipo:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon \dots\dots\dots (5)$$

Donde **Y** representa el Consumo de Encofrado de Columnas, **X₁** es la Actitud,

X₂ representa la Dificultad y **X₃** es el Conocimiento.

Los parámetros desconocidos **β₀, β₁, β₂, β₃** y **ε** son estimados por mínimos cuadrados con Statgraphics.

Obtenemos la siguiente tabla:

TABLA 6: P-VALORES ASOCIADOS A LOS CONTRASTES DE REGRESIÓN INDIVIDUAL

<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	<i>Valor-P</i>
<i>CONSTANTE</i>	4.983	0.967	5.150	0.000
<i>Actitud</i>	-0.165	1.295	-0.127	0.899
<i>Dificultad</i>	-2.792	0.409	-6.831	0.000
<i>Conocimientos</i>	-3.079	1.073	-2.869	0.006

Fuente: Software - Elaboración propia.

Para determinar si el modelo puede simplificarse, note que el valor-P más alto de las variables independientes es 0.8992, que corresponde a Actitud. Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05, ese término no es estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95.0% o mayor. Consecuentemente se va a eliminar Actitud del modelo.

Una vez eliminado la variable Actitud, analizamos nuevamente y obtenemos:

**TABLA 7: P-VALORES ASOCIADOS A LOS CONTRASTES DE REGRESIÓN
INDIVIDUAL - CORREGIDO**

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
		B	Error estándar	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	4,714	,505		9,339	,000
	Dificultad	-2,585	,282	-,746	-9,161	,000
	Conocimiento	-3,093	,706	-,357	-4,378	,000

a. Variable dependiente: CONSUMO

Fuente: Software - Elaboración propia.

Observamos que todos los valor-P o Sig. son menores a 0.05, por lo tanto toda las variables aportan a la predicción con un nivel de confianza del 95.0%.

ANÁLISIS DE VARIANZA.

TABLA 8: ANÁLISIS DE VARIANZA

ANOVA

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	,980	2	,490	56,816	,000 ^b
	Residuo	,336	39	,009		
	Total	1,317	41			

a. Variable dependiente: CONSUMO

b. Predictores: (Constante), Conocimiento, Dificultad

Fuente: Software - Elaboración propia.

Puesto que el valor-P o Sig, en la tabla anterior es menor que 0.05, existe una

relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95.0%.

Luego tenemos los siguientes parámetros:

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	,863 ^a	,744	,731	,09288	1,735

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo así ajustado explica 74.4% de la variabilidad en CONSUMO. El estadístico R-Cuadrada ajustada, que es más apropiada para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 73.1%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0.09268. Este valor puede usarse para construir límites para nuevas observaciones. El estadístico de **Durbin-Watson (DW)** examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos.

Puesto que el DW está entre el rango 1 a 3, hay indicación de una posible correlación serial con un nivel de confianza del 95.0%.

SUPUESTO DE NO MULTICOLINEALIDAD

Estadísticas de colinealidad	
Tolerancia	VIF
,987	1,013
,987	1,013

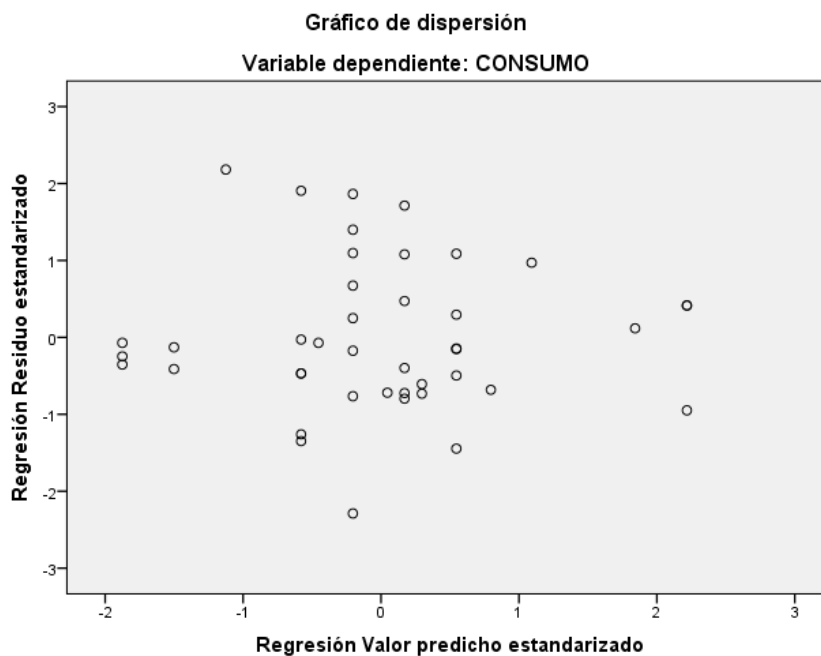
Del anterior cuadro podemos observar que el VIF (valor de varianza inflado) < 10 ; entonces esto nos indica que se cumple el supuesto de No Multicolinealidad.

López, C. (2014) en su trabajo de investigación **“PROPUESTA DE PROYECTO DE ESTADÍSTICA: UN MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SIMPLE PARA PRONOSTICAR LA CONCENTRACIÓN DE CO₂ DEL VOLCÁN MAUNA LOA”** menciona que se deben verificar los supuestos de HOMOCEDASTICIDAD DE LA VARIANZA y la NORMALIDAD DE LOS RESIDUOS.

ANÁLISIS DE HOMOCEDASTICIDAD DE LA VARIANZA

La homocedasticidad de la varianza se verifica primero de manera visual mediante una gráfica de puntos entre los valores predichos y los residuos, ambos estandarizados o tipificados. Si la varianza es constante la gráfica no debe mostrar ningún patrón entre los residuos; por el contrario, si existe heterogeneidad en la varianza (la varianza depende del valor observado), la gráfica puede mostrar anchos distintos en la variabilidad, típicamente una gráfica en forma de embudo, sea hacia la izquierda, a la derecha o al centro. Observe en la figura siguiente que no hay un patrón bien marcado de cambios.

GRÁFICO 11: DISTRIBUCIÓN RESIDUAL EN FUNCIÓN DE LOS VALORES PREDICHOS, AMBOS ESTANDARIZADOS.



Fuente: Software - Elaboración propia.

Sin embargo, para una prueba formal de homocedasticidad se debe aplicar un método estadístico formal, el cual consiste en probar si existe una correlación entre los residuos y el valor predicho no estandarizado. En este caso se hizo la Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error obteniendo un Sig. de 0.308, con lo que se confirma que no hay ningún tipo de relación entre los residuos y los valores predichos, lo que da pie para asumir que no debe variar entre un punto y otro. Esta prueba se realizó con SPSS.

**TABLA 9: PRUEBA DE IGUALDAD DE LEVENE DE
VARIANZAS DE ERROR**

Variable dependiente: CONSUMO

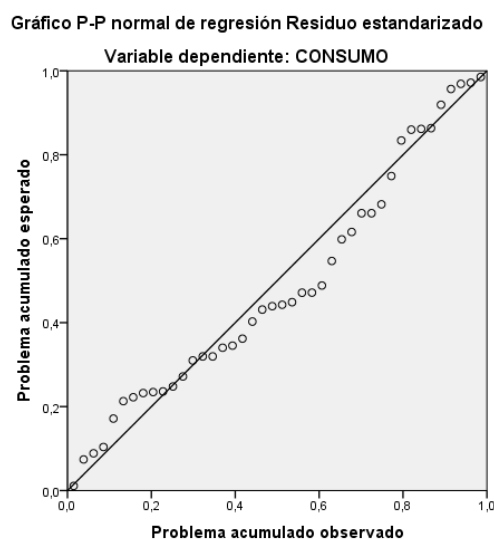
F	df1	df2	Sig.
1,235	13	28	,308

Fuente: Sowfare- Autor

ANÁLISIS RESIDUAL

Para mostrar que los residuos tienen una distribución aproximadamente normal con media cero y varianza, es común emplear un histograma de la distribución o bien una gráfica de probabilidad P-P. Observamos que los datos se dispersan con pequeñas desviaciones alrededor del patrón lineal esperado para una distribución normal.

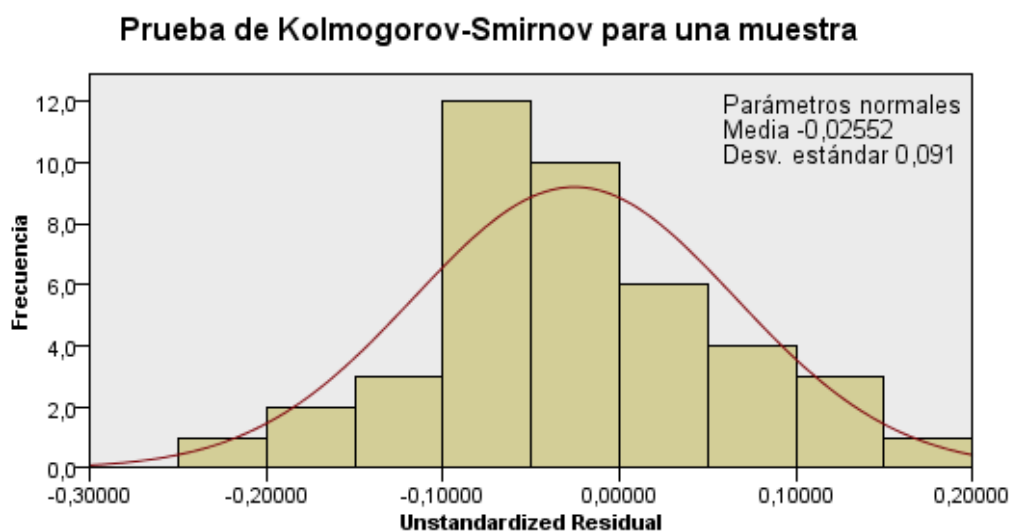
GRÁFICO 12: PROBABILIDAD NORMAL P-P DE RESIDUOS ESTANDARIZADOS.



Fuente: Software - Elaboración propia.

No obstante, si deseamos ser más rigurosos podemos recurrir a procedimientos analíticos, como la prueba Kolmogorov-Smirnov para la normalidad. El gráfico siguiente muestra los resultados de dicha prueba obtenidos mediante SPSS (en el menú analizar/pruebas no paramétricas/una muestra), donde observamos que no se rechaza la hipótesis de normalidad.

GRÁFICO 13: PRUEBA KOLMOGOROV-SMIRNOV



Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Unstandardized Residual es normal con la media -0,02552 y la desviación estándar 0,091.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	102,000 ¹	Retener la hipótesis nula.

Fuente: Sowfare – Elaboración Propia

CONTRASTE DE LA SIGNIFICACIÓN GLOBAL DEL MODELO DE REGRESIÓN.

El contraste de significación del modelo de regresión permite verificar si ninguna variable independiente es válida para la predicción de la variable de interés. Este contraste puede escribirse por:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \mathbf{H_0:} & \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0 \\ \mathbf{H_1:} & \text{Algún } \beta_i \neq 0 \text{ para } i= 1, 2, 3 \end{array} \right.$$

El P-valor (Sig.) asociado al contraste (Tabla ANOVA) es menor a 0.05, por lo que rechazamos la Hipótesis Nula. Esto implica que al menos una de las variables independientes contribuye de forma significativa a la explicación de la variable dependiente.

En conclusión la ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{CONSUMO ENCOFRADO DE COLUMNAS} = 4.714 - 2.585 * \text{Dificultad} - 3.093 * \text{Conocimientos}$$

III.3.2. ECUACIONES DE REGRESIÓN.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las correlaciones donde se determinaron las variables que influyen en el consumo de mano de obra, se realizó el análisis de regresión para cada una de las actividades estudiadas, obteniéndose modelos ajustados que permiten predecir el consumo de mano de obra a partir de la calificación de las variables independientes (factores de afectación).

CUADRO 34: MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL PARA CONSUMO DE MANO DE OBRA EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN

#	ACTIVIDAD	ECUACIÓN DE REGRESIÓN
1	MURO DE SOGA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA	CONSUMO = 11.091 - 3.448*Dificultad - 11.149*Habilidad
2	ENCOFRADO EN COLUMNAS	CONSUMO = 4.714 - 2.585*Dificultad - 3.093*Conocimientos
3	ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS (fondos)	CONSUMO = 9.570 - 5.279*Conocimientos - 6.090*Seguimiento
4	ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS (tapas)	CONSUMO = 7.726 - 6.955*Conocimientos - 2.78*Dificultad
5	ENCOFRADO NORMAL PARA LOSA ALIGERADA	CONSUMO = 1.708 - 0.864*Conocimientos - 0.960*Seguimiento
6	ACERO EN VIGAS DE F'Y=4,200 KG/CM2	CONSUMO = 0.223 - 0.076*Conocimientos - 0.179*Seguimiento
7	ACERO EN LOSAS ALIGERADAS DE F'Y=4,200 KG/CM2	CONSUMO = 0.254 - 0.309*Desempeno
8	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 - LOSA ALIGERADA Y VIGAS	CONSUMO = 0.599 - 0.399*Discontinuidad

III.4. SOFTWARE PARA CÁLCULO DEL CONSUMO DE MANO DE OBRA EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN

Como aplicación práctica a la investigación realizada y teniendo en consideración los resultados de los análisis estadísticos de las diferentes actividades de construcción estudiada, esta Tesis se complementa con el desarrollo del Programa "RENDIMIENTOS Y CONSUMOS- HUÁNUCO", que permite predecir de acuerdo con la calificación de los factores de afectación, el consumo de las cuadrillas en las actividades sometidas a estudio.

La explicación del manejo del programa y demás consideraciones se detallan en el ANEXO 7.

CONCLUSIONES

1. Se rechaza la hipótesis nula:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \mathbf{H_0:} & \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0 \\ \mathbf{H_1:} & \text{Algún } \beta_i \neq 0 \text{ para } i= 1, 2, 3, \dots n \end{array} \right.$$

Por lo tanto al menos una de las variables independientes contribuye de forma significativa a la explicación de la variable dependiente (Rendimiento), entonces las ecuaciones presentadas como modelos para predecir el consumo de la mano de obra teniendo en cuenta los factores de afectación, muestran una significativa correlación entre el consumo y algunas variables independientes tales como Habilidad, Conocimiento y Desempeño pertenecientes al Factor TRABAJADOR; las variables Dificultad y Discontinuidad correspondiente al Factor ACTIVIDAD y la variable Seguimiento del Factor SUPERVISIÓN; es decir son estadísticamente válidos después de procesar y analizar múltiples observaciones.

2. Los rendimientos establecidos por la Cámara Peruana de Construcción (CAPECO), varían con respecto a los rendimientos obtenidos en el estudio, ver cuadro N° 32.
3. Para la elaboración de una columna, del Cuadro N° 31, se cuenta con un consumo de 0.058 Hh/Kg para la actividad de armado de acero de refuerzo; 1.078 Hh/m² para encofrado, un consumo de 0.682 Hh/m³ para el vaciado con concreto premezclado.

4. De la misma manera se calcularon los consumos de Losas Aligeradas con valores de: 0.043 Hh/kg para el acero de refuerzo, 0.503 Hh/m² para el encofrado y 0.433 Hh/m³ para el vaciado con concreto premezclado.
5. Los Consumos y Rendimientos sustentados en esta investigación permitirán a los constructores mejorar la planificación y evaluación de sus proyectos, siguiendo de cerca la productividad de la mano de obra, ya que estos datos sirven como base fundamental para la aplicación de la filosofía Lean Construction y herramientas como Carta de Balance (optimización de Cuadrillas).
6. Al comparar los costos pagados de los ACUs, con los costos obtenidos de la investigación; resaltan las relaciones %precio pagado/precio de estudio de 148% y 143% correspondientes a encofrado de placas y encofrado normal en losa aligerada respectivamente, por lo que se puede concluir que el sistema actual de presupuestos de los proyectos construidos en nuestro medio, no toman en consideración la productividad de las cuadrillas que realizan las diferentes partidas, generando como se observa en el Cuadro 33, un desequilibrio sobre todo perjudicial para la entidad contratante. La base de datos desarrollada debe usarse como un punto de referencia para el sistema de pagos y para la gestión de productividad de mano de obra en proyectos de construcción.

SUGERENCIAS

1. El número de observaciones para los consumos de mano de obra estudiados debe ser el mayor posible, pues el hecho de cumplir la condición de pertenecer a una distribución normal no es suficiente. Se debe buscar a que los indicadores que determinan la normalidad de distribución sean los óptimos.
2. El personal elegido para el levantamiento de información debe tener un conocimiento básico sobre los procesos constructivos a ser estudiados y deben ser monitoreados, para corregir los errores que se van presentando.
3. Se recomienda que en trabajos futuros vinculados con este tema, emplear la metodología utilizada, ya que se considera muy buena dependiendo del alcance y tiempo al que se le quiere dedicar, de tal forma que se enriquezca la base de datos obtenida y permita incrementar las observaciones de las actividades investigadas o en nuevas actividades.
4. Plantear modelos de regresión lineal para actividades de acabados como: Tarrajeo, enchapes, pintura; para complementar y ampliar la base de datos de la investigación.
5. Evaluar las actividades y partidas para otros sistemas estructurales tales como Muros de Ductibilidad limitada o Sistemas presenten en la construcción de Colegios.
6. Evaluar individualmente y a fondo las variables consideradas como factores de afectación, sobre todo las variables TRABAJADOR (Aspecto psicológico) y GESTIÓN DE RIESGOS.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Botero, L. (2002). Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. *Revista Universidad EAFIT*, No. 128, 09-21.
2. Calle, C. (2012). *Análisis de los rendimientos de mano de obra, equipo y materiales en edificaciones de hasta tres plantas en la ciudad de Azogues*. Tesis de Maestría no publicada de Ingeniería Civil. Universidad de Cuenca, Ecuador.
3. Cámara Peruana de la Construcción (2014). *Análisis de Precios Unitarios en Edificaciones*. Lima: CAPECO.
4. Damián, K. & Soto, H. (2014). *Propuesta de Rendimiento de Mano de Obra en Excavaciones de la Ciudad de Huancayo*. Tesis de grado no publicada de Ingeniería Civil. Universidad Peruana los Andes, Perú.
5. Guio Castillo, V. (2001). *Productividad en Obras de Construcción*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad católica del Perú.
6. López, C. A. (2014). Propuesta de proyecto de estadística: Un modelo de regresión lineal simple para pronosticar la concentración de CO₂ del Volcán Mauna Loa. *Epistemos*. Noviembre, 63-69.
7. Luzuriaga, B. A. (2014). *Estudio de Consumo y Rendimientos de mano de obra en hormigón y acero de refuerzo para edificaciones*. Tesis de grado no publicada de Ingeniería Civil. Universidad Católica de Cuenca, Colombia.
8. Polanco, L. (2009). *Análisis de rendimientos de mano de obra para actividades de construcción – estudio de caso edificio J UPB*. Tesis de grado no publicada de

Ingeniería Civil. Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia.

9. Quevedo, H., Pérez, B. (2008). *Estadística para Ingeniería y Ciencias*. México: Patria.
10. Sánchez, M. (1983). *Control de Costos en la Construcción*. España: CEAC
11. Valdivieso, M. C. (1990). *Investigación de los Rendimientos Promedios en Edificación en la ciudad de Huánuco y su Aplicación en un Proyecto*. Tesis de grado no publicada de Ingeniería Civil. Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco, Perú.

ANEXOS.

ANEXO 1: EDIFICACIONES OBJETO DE INVESTIGACIÓN

ANEXO 2: ANÁLISIS DE RIESGOS DE LAS OBRAS EN ESTUDIO

ANEXO 3: REGISTRO DE INFORMACIÓN RECOPIADA EN OBRAS.

ANEXO 4: CÁLCULO GLOBAL DE CONSUMOS, RENDIMIENTOS Y FACTORES DE AFECTACIÓN.

ANEXO 5: CÁLCULO ESTADÍSTICO.

ANEXO 6: ANÁLISIS DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL.

ANEXO 7: MANUAL DEL SOWFARE PARA CÁLCULO DEL CONSUMO DE MANO DE OBRA EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN

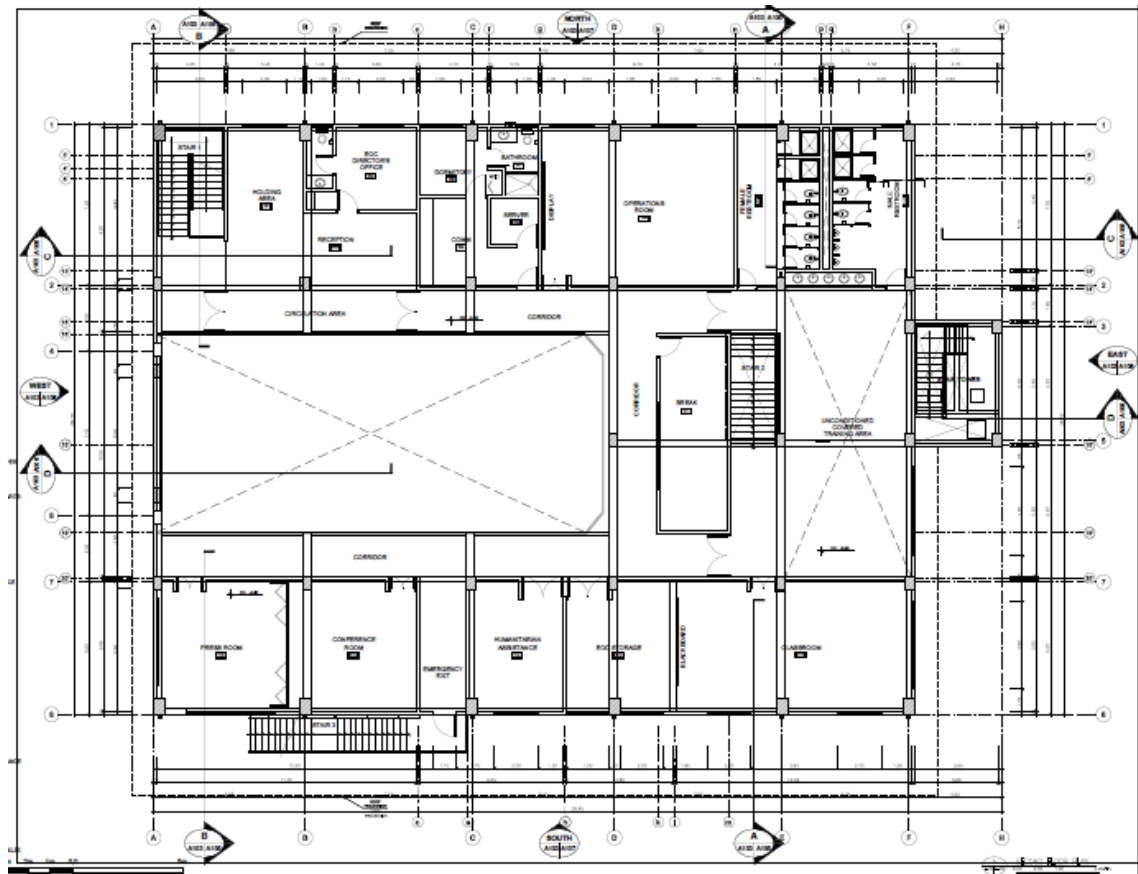
ANEXO 1: EDIFICACIONES OBJETO DE INVESTIGACIÓN

OBRA 1: CONSTRUCCIÓN DEL CENTRO DE OPERACIONES DE EMERGENCIA REGIONAL (COER)

AREA DE CONSTRUCCIÓN: 736 m²

ALTURA DE ENTREPISO: 3.25m (1er Piso), 3.4m (2do piso)

UBICACIÓN: Jr. Los Alamos 350, Cayhuayna



PLANO PLANTA 2DO PISO

Fotografías de la Obra



VISTA 1: Encofrado columnas y vigas



VISTA 2: Asentado de ladrillo KK 18H - SOGA

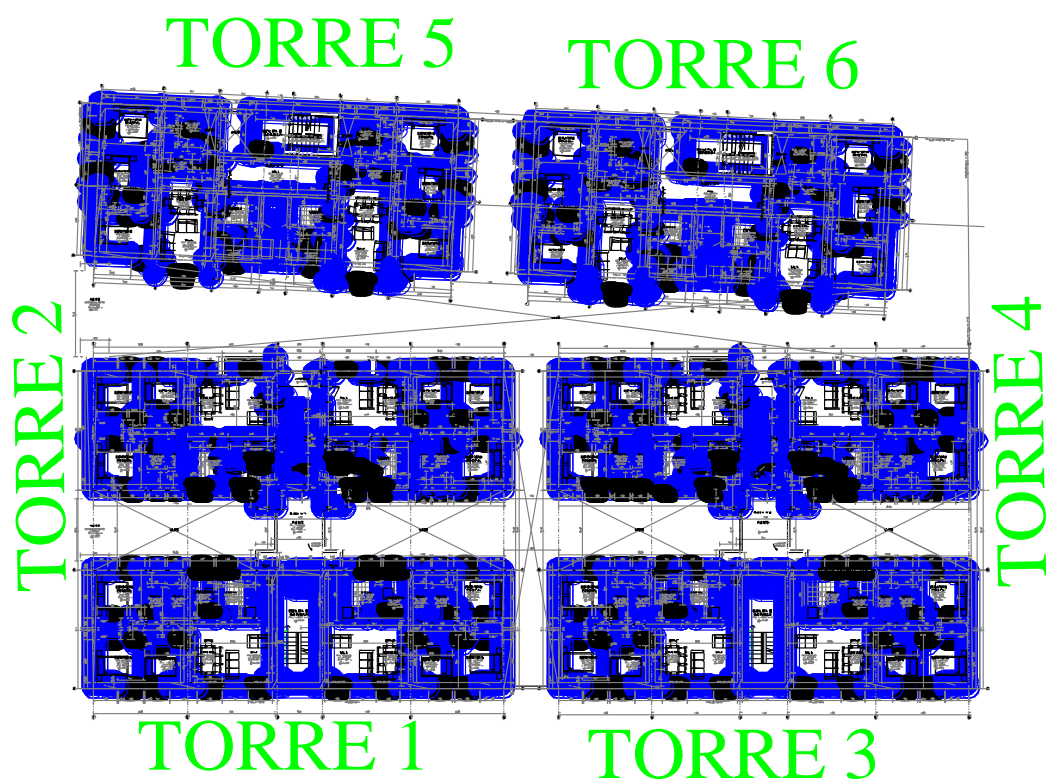
OBRA 2: RESIDENCIAL SAN FRANCISCO II

AREA DE CONSTRUCCIÓN: Consiste en 6 torres (2 de 231 m² y 4 de 206 m²); en total A= 1286 m²

Torres en estudio: T1, T4, T5, T6

ALTURA DE ENTREPISO: 3.20m (1er Piso), 2.75m (2do- 9 no piso)

UBICACIÓN: Intersección Jr. 2 de mayo y Jr. Alfonso Ugarte



PLANO DE ZONIFICACIÓN

FOTOGRAFIAS DE LA OBRA



VISTA 3: Encofrado de Placas en Torre 5



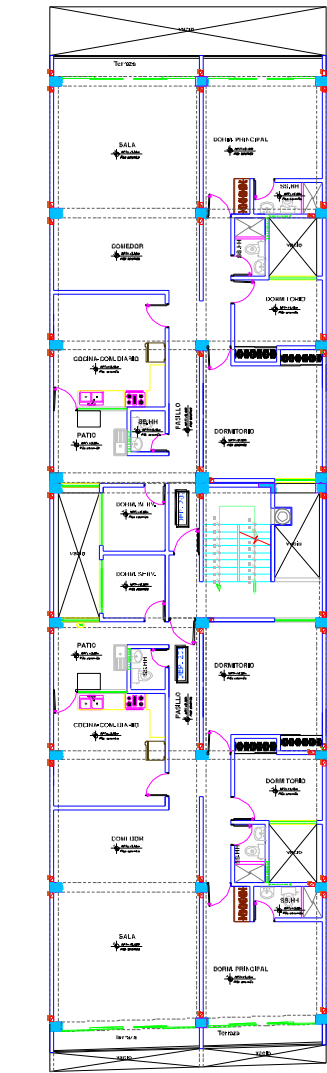
VISTA 4: Vista general de Torres 2, 4 y 6

OBRA 3: VIVIENDA MULTIFAMILIAR

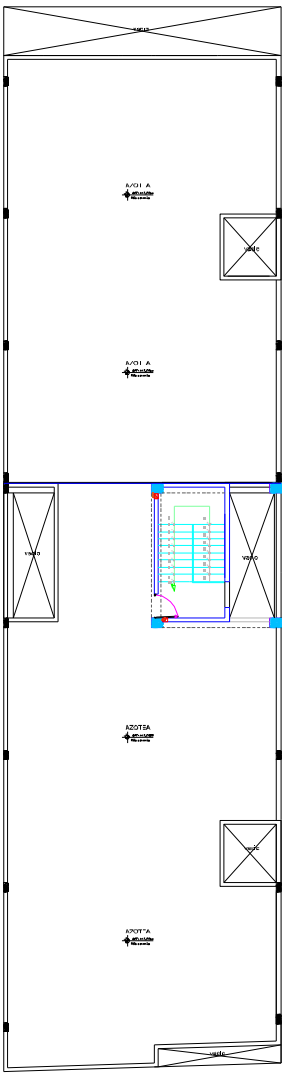
AREA DE CONSTRUCCIÓN: Consiste en dos Bloques de 216 m2 y 167 m2

ALTURA DE ENTREPISO: 3.00m (1er Piso), 2.65m (2do- 5 to piso)

UBICACIÓN: Jr. dos de Mayo 1860



DISTRIBUCION EN PLANTA 2°, 3°, 4°, 5° NIVEL



DISTRIBUCION EN PLANTA AZOTEA

FOTOGRAFIAS DE OBRA



VISTA 5: Vaciado de techo con concreto premezclado- WUANUCOMIX



VISTA 6: Asentado de muro kk 18 h -SOGA

ANEXO 2: ANÁLISIS DE RIESGOS DE LAS OBRAS EN ESTUDIO

Se explica el procedimiento del análisis cuantitativo de riesgos aplicando el método de Monte Carlo para obtener los impactos en costo y plazos de los proyectos de construcción en estudio, se usará un software de simulación probabilístico.

Es importante mencionar que la simulación estadística de escenarios mediante el método de Monte Carlo está regida bajo los estándares del American Society for Testing and Materials (ASTM).

Villanueva, A. (2009) muestra en su investigación una serie de consideraciones para el análisis de riesgo, a continuación se indican las más resaltantes.

Ventajas de usar la técnica de simulación:

- El método funciona para múltiples distribuciones de probabilidad según sea el caso para cada variable.
- Se pueden integrar las interdependencias de probabilidades entre dos variables de entrada, haciéndolas una sola.
- La simulación puede aplicarse para obtener las funciones de distribución de probabilidad acumulada y la función distribución de densidad probabilística para calcular por ejemplo análisis de costo del ciclo de vida de un proyecto, ganancias netas, ratio costo-beneficio, tasa interna de retorno, y otras variables económicas.
- La ventaja poder aplicar la simulación en un software lo hace sencillo.

Pasos para hacer una simulación de costos en un proyecto de construcción:

1. Identificar los costos de elementos críticos. Esto quiere decir que no es necesario introducir como variable de entrada o input a todos los elementos del presupuesto, ya que podría hacer más complejo el cálculo y no aportarían mucho. El criterio para establecer si un elemento es crítico o no es definir si la variación de costo de un

elemento X causa que el costo total del proyecto varíe por un monto que exceda la variación crítica del monto total. Michael Curran, citado por la ASTM, señala que un valor típico de variación crítica del costo total de un proyecto puede ser el 0.5%, y la cantidad de elementos críticos pueden ser veinte. Lógicamente, un porcentaje de variación crítico va a derivar en una menor cantidad de elementos críticos. Esto lo debe establecer el gerente de proyecto, pero siempre se recomienda en mantener el modelo simple, con menos cantidad de elementos.

2. Eliminar las interdependencias entre elementos críticos. El sistema de simulación trabaja mejor si no hay una fuerte interdependencia entre elementos críticos. Si esto sucede, lo mejor sería integrarlos en una sola función. En caso contrario, puede suceder que el riesgo de costo calculado sea exagerado. Por ejemplo, el costo de instalación de tubería y el costo de forrado de tubería son altamente dependientes entre sí porque el número de tuberías es crítico para ambos costos.
3. Seleccionar las funciones de densidad probabilística. Se pueden definir diferentes distribuciones de probabilidad para las variables escogidas: normal, lognormal, beta, etc, siempre y cuando se cuente con registros históricos o se sepa con certeza su distribución. Sin embargo, como se sabe, en la industria de la construcción a veces la información disponible es insuficiente o no es aplicable, en cuyo caso lo recomendable es usar la distribución triangular, en el que hay tres valores: el mínimo valor, el valor más probable, y el máximo valor.
4. Cuantificar los valores de riesgo en elementos críticos. Una vez definidas las funciones de probabilidad, que en este caso asumimos que se trata de la función triangular, se definen los valores mínimos, máximos y más probables. En caso de que no haya mucha seguridad de cómo estimar los valores extremos, se puede estimar un 10% por encima y por debajo del valor más probable.
5. Crear un modelo de costo. Este paso es importante para establecer cómo se sumarán

las variables. Se indica que los elementos que no son críticos deben tratarse todos como constantes.

6. Ejecutar la simulación de Monte Carlo. Mediante el uso de un software, se ingresan los datos definidos en los pasos anteriores y se ejecuta el programa haciendo muchas simulaciones para generar una distribución de probabilidad del costo total de un proyecto, por ejemplo. Una cantidad apropiada de simulaciones puede ser 1000, pero a veces puede requerirse una cantidad mayor.
7. Interpretar los resultados. Los datos hallados a partir del paso anterior son: el valor esperado del costo total, la desviación estándar y el costo estimado dado un nivel de confianza (esto se puede ver a partir de un gráfico de probabilidad acumulada). Asimismo, a partir de estos valores puede determinarse la contingencia, que es la diferencia entre el costo total estimado para un nivel de confianza dado, y el costo base.
8. Hacer un análisis de sensibilidad. Finalmente, se puede establecer qué tan incidentes son las variables al costo total del proyecto.

Procedimiento para realizar la simulación de Monte Carlo en @RISK

A) ANÁLISIS DE RIESGO EN EL COSTO

Se usará el programa @RISK para hacer la simulación de Monte Carlo en la estimación de costos. Los pasos indicados en el siguiente procedimiento se limitan a la estructura del software, y están incluidos en el procedimiento general establecido por la ASTM.

La esencia de este software consiste hacer un *sampling* o muestreo a partir de un rango de valores que el usuario define en la hoja de cálculo, en este caso es

Microsoft Excel, y lo plasma en un gráfico usando la distribución de probabilidades que también se define previamente.

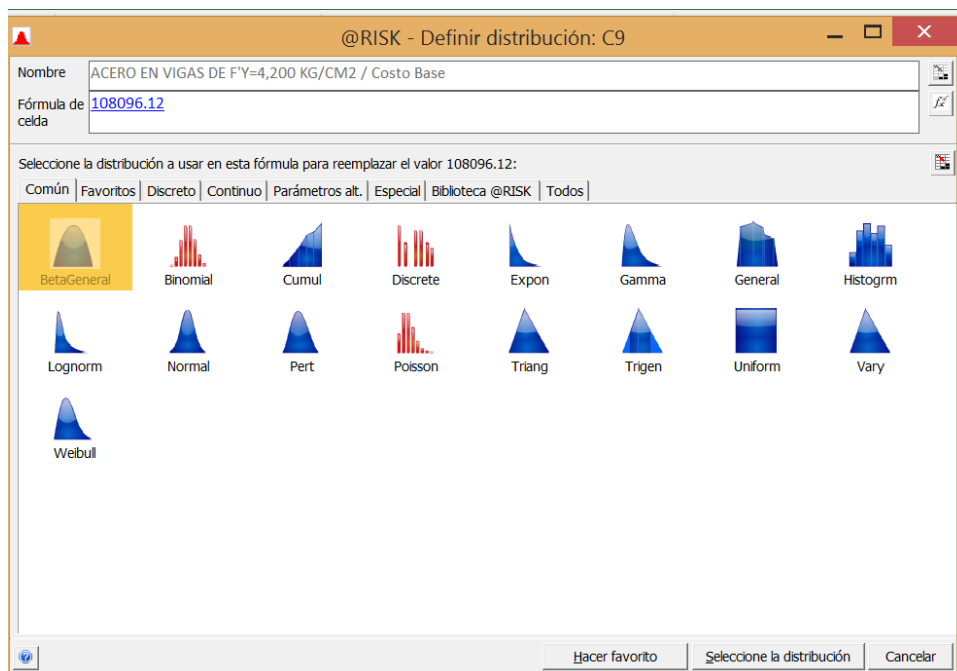


FIGURA: Menú de funciones de @Risk 7.0 en Microsoft Excel 2016

A.1. Definición del modelo



Para ver las diferentes opciones para definir la distribución de la variable, hacemos click en *Definir Distribuciones*.



A.2. Configuración de simulación

Para evaluar el costo de las partidas más representativas definidas con la ley de Pareto del 80/20; se presenta las siguientes tablas:

OBRA 1: COER – HUANUCO

n°	PARTIDA	Costo Base	Mínimo	Más Probable	Máximo	Mínimo	Más probable	Máximo	Simulado
1	MURO DE SOGA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA	S/. 125 955	90%	100%	125%	S/. 113 359	S/. 125 955	S/. 157 443	
2	MURO DE CABEZA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA	S/. 12 078	90%	100%	125%	S/. 10 870	S/. 12 078	S/. 15 098	
3	ENCOFRADO EN SOBRECIMIENTO ARMADO	S/. 26 405	90%	100%	125%	S/. 23 765	S/. 26 405	S/. 33 007	
4	ENCOFRADO EN COLUMNAS	S/. 34 501	90%	100%	125%	S/. 31 051	S/. 34 501	S/. 43 126	
5	ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS	S/. 34 756	90%	100%	125%	S/. 31 280	S/. 34 756	S/. 43 445	
6	ENCOFRADO NORMAL PARA LOSA ALIGERADA	S/. 28 206	90%	100%	125%	S/. 25 385	S/. 28 206	S/. 35 257	
7	ACERO EN COLUMNAS DE FY=4,200 KG/CM2	S/. 64 752	90%	100%	125%	S/. 58 277	S/. 64 752	S/. 80 940	
8	ACERO EN VIGAS DE FY=4,200 KG/CM2	S/. 62 694	90%	100%	125%	S/. 56 425	S/. 62 694	S/. 78 368	
9	ACERO EN LOSAS MACIZAS DE FY=4,200 KG/CM2	S/. 33 079	90%	100%	125%	S/. 29 771	S/. 33 079	S/. 41 349	
10	ACERO EN LOSAS ALIGERADAS DE FY=4,200 KG/CM2	S/. 33 900	90%	100%	125%	S/. 30 510	S/. 33 900	S/. 42 375	
11	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 - LOSA ALIGERADA	S/. 26 625	90%	100%	125%	S/. 23 962	S/. 26 625	S/. 33 281	
12	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 - VIGAS	S/. 43 515	90%	100%	125%	S/. 39 163	S/. 43 515	S/. 54 393	
13	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2- COLUMNAS	S/. 43 127	90%	100%	125%	S/. 38 815	S/. 43 127	S/. 53 909	

OBRA 2: CONSTRUCCIÓN DE DEPARTAMENTOS SAN FRANCISCO II

n°	PARTIDA	Costo Base	Mínimo	Más Probable	Máximo	Mínimo	Más probable	Máximo	Simulado
1	MURO DE SOGA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA	S/. 502 056	90%	100%	125%	S/. 451 850	S/. 502 056	S/. 627 570	
2	ENCOFRADO EN PLACAS	S/. 471 982	90%	100%	125%	S/. 424 783	S/. 471 982	S/. 589 977	
3	ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS	S/. 142 456	90%	100%	125%	S/. 128 210	S/. 142 456	S/. 178 070	
4	ENCOFRADO NORMAL PARA LOSA ALIGERADA	S/. 129 906	90%	100%	125%	S/. 116 915	S/. 129 906	S/. 162 383	
5	ACERO EN ZAPATAS DE FY=4,200 KG/CM2	S/. 184 680	90%	100%	125%	S/. 166 212	S/. 184 680	S/. 230 850	
6	ACERO EN PLACAS DE FY=4,200 KG/CM2	S/. 699 840	90%	100%	125%	S/. 629 856	S/. 699 840	S/. 874 800	
7	ACERO EN VIGAS DE FY=4,200 KG/CM2	S/. 410 286	90%	100%	125%	S/. 369 257	S/. 410 286	S/. 512 858	
8	ACERO EN LOSAS ALIGERADAS DE FY=4,200 KG/CM2	S/. 65 367	90%	100%	125%	S/. 58 830	S/. 65 367	S/. 81 709	
9	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 - LOSA ALIGERADA	S/. 296 770	90%	100%	125%	S/. 267 093	S/. 296 770	S/. 370 963	
10	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 - VIGAS	S/. 207 638	90%	100%	125%	S/. 186 874	S/. 207 638	S/. 259 547	
11	CONCRETO EN PLACAS f'c=210 kg/cm2	S/. 252 003	90%	100%	125%	S/. 226 803	S/. 252 003	S/. 315 004	

OBRA 3: CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR

n°	PARTIDA	Costo Base	Mínimo	Más Probable	Máximo	Mínimo	Más probable	Máximo	Simulado
1	MURO DE SOGA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA	S/. 192 204	90%	100%	125%	S/. 172 984	S/. 192 204	S/. 240 255	
2	ENCOFRADO EN COLUMNAS	S/. 34 105	90%	100%	125%	S/. 30 695	S/. 34 105	S/. 42 632	
3	ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS	S/. 87 810	90%	100%	125%	S/. 79 029	S/. 87 810	S/. 109 762	
4	ENCOFRADO NORMAL PARA LOSA ALIGERADA	S/. 74 515	90%	100%	125%	S/. 67 064	S/. 74 515	S/. 93 144	
5	ACERO EN COLUMNAS DE FY=4,200 KG/CM2	S/. 60 511	90%	100%	125%	S/. 54 460	S/. 60 511	S/. 75 639	
6	ACERO EN VIGAS DE FY=4,200 KG/CM2	S/. 108 096	90%	100%	125%	S/. 97 287	S/. 108 096	S/. 135 120	
7	ACERO EN LOSAS ALIGERADAS DE FY=4,200 KG/CM2	S/. 46 295	90%	100%	125%	S/. 41 666	S/. 46 295	S/. 57 869	
8	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 - LOSA ALIGERADA	S/. 67 812	90%	100%	125%	S/. 61 031	S/. 67 812	S/. 84 766	
9	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 - VIGAS	S/. 92 093	90%	100%	125%	S/. 82 884	S/. 92 093	S/. 115 117	
10	CONCRETO f'c=210 kg/cm2- COLUMNAS	S/. 31 587	90%	100%	125%	S/. 28 429	S/. 31 587	S/. 39 484	

Con la simulación de Monte Carlo de se va a determinar la probabilidad de

ocurrencia de distintos costos parciales del proyecto. Para ello se ha definido el valor mínimo, más probable y máximo de cada variable con porcentajes del 90%, 100% y 125% respectivamente, basándonos en Villanueva, 2009.

En la columna “Simulado” se debe introducir el tipo de distribución escogida para cada variable (costo de partidas), en este caso usaremos la distribución triangular.

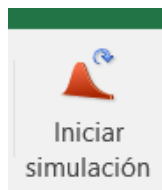
n°	PARTIDA	Costo Base	Mínimo	Más Probable	Máximo	Mínimo	Más probable	Máximo	Simulado
1	MURO DE SOGA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA	S/. 192,204	90%	100%	125%	S/. 172,984	S/. 192,204	S/. 240,255	=RiskTriang(G4,
2	ENCOFRADO EN COLUMNAS	S/. 34,105	90%	100%	125%	S/. 30,695	S/. 34,105	S/. 42,632	35810.6597
3	ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS	S/. 87,810	90%	100%	125%	S/. 79,029	S/. 87,810	S/. 109,762	92200.0071
4	ENCOFRADO NORMAL PARA LOSA ALIGERADA	S/. 74,515	90%	100%	125%	S/. 67,064	S/. 74,515	S/. 93,144	78241.1364
5	ACERO EN COLUMNAS DE FY=4,200 KG/CM2	S/. 60,511	90%	100%	125%	S/. 54,460	S/. 60,511	S/. 75,639	63537.012
6	ACERO EN VIGAS DE FY=4,200 KG/CM2	S/. 108,096	90%	100%	125%	S/. 97,287	S/. 108,096	S/. 135,120	113500.926
7	ACERO EN LOSAS ALIGERADAS DE FY=4,200 KG/CM2	S/. 46,295	90%	100%	125%	S/. 41,666	S/. 46,295	S/. 57,869	48610.254
8	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 - LOSA ALIGERADA	S/. 67,812	90%	100%	125%	S/. 61,031	S/. 67,812	S/. 84,766	71203.0988
9	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 - VIGAS	S/. 92,093	90%	100%	125%	S/. 82,884	S/. 92,093	S/. 115,117	96698.0154
10	CONCRETO f'c=210 kg/cm2- COLUMNAS	S/. 31,587	90%	100%	125%	S/. 28,429	S/. 31,587	S/. 39,484	33166.6543
	TOTAL	S/. 795,031							834782.222

Luego arrastramos la fórmula para todas las partidas establecidas y obtenemos valores simulados generados por el Sowfare al azar sólo para visualizar un número en la celda. En seguida hacemos click en el botón “Añadir Salida”, colocamos un título para la simulación y se ingresa la sumatoria de resultantes probabilísticas para cada variable:

n°	PARTIDA	Costo Base	Mínimo	Más Probable	Máximo	Mínimo	Más probable	Máximo	Simulado
1	MURO DE SOGA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA	S/. 192,204	90%	100%	125%	S/. 172,984	S/. 192,204	S/. 240,255	201814.458
2	ENCOFRADO EN COLUMNAS	S/. 34,105	90%	100%	125%	S/. 30,695	S/. 34,105	S/. 42,632	35810.6597
3	ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS	S/. 87,810	90%	100%	125%	S/. 79,029	S/. 87,810	S/. 109,762	92200.0071
4	ENCOFRADO NORMAL PARA LOSA ALIGERADA	S/. 74,515	90%	100%	125%	S/. 67,064	S/. 74,515	S/. 93,144	78241.1364
5	ACERO EN COLUMNAS DE FY=4,200 KG/CM2	S/. 60,511	90%	100%	125%	S/. 54,460	S/. 60,511	S/. 75,639	63537.012
6	ACERO EN VIGAS DE FY=4,200 KG/CM2	S/. 108,096	90%	100%	125%	S/. 97,287	S/. 108,096	S/. 135,120	113500.926
7	ACERO EN LOSAS ALIGERADAS DE FY=4,200 KG/CM2	S/. 46,295	90%	100%	125%	S/. 41,666	S/. 46,295	S/. 57,869	48610.254
8	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 - LOSA ALIGERADA	S/. 67,812	90%	100%	125%	S/. 61,031	S/. 67,812	S/. 84,766	71203.0988
9	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 - VIGAS	S/. 92,093	90%	100%	125%	S/. 82,884	S/. 92,093	S/. 115,117	96698.0154
10	CONCRETO f'c=210 kg/cm2- COLUMNAS	S/. 31,587	90%	100%	125%	S/. 28,429	S/. 31,587	S/. 39,484	33166.6543
	TOTAL	S/. 795,031							=RiskOutput("COSTO OBRA 3")+SUMA(J4:J13)

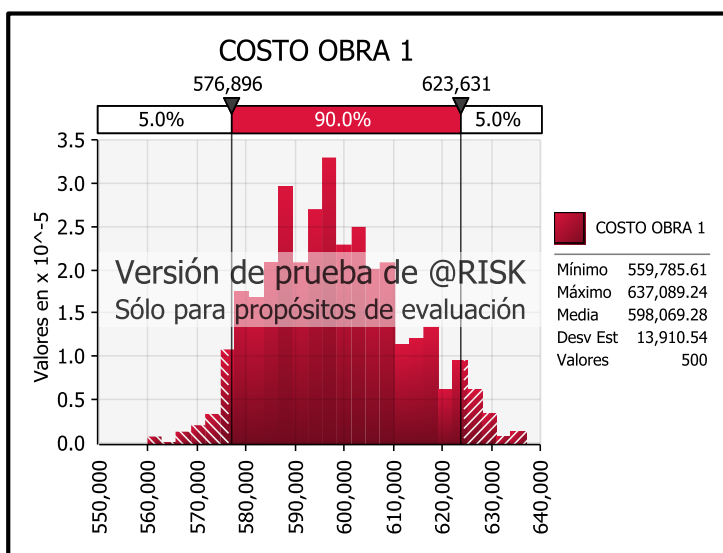
El paso último es correr la simulación. Para este estudio se probó con 500 iteraciones.

Hacemos click en *Iniciar simulación*.

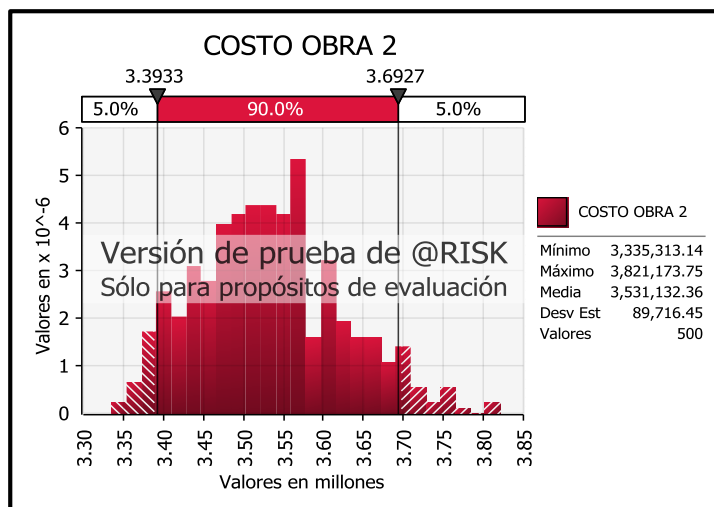


A.3. Visualización y Análisis de resultados:

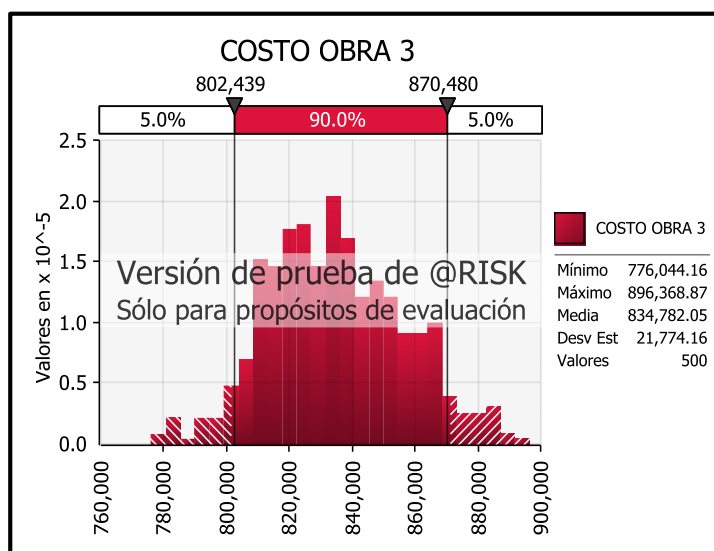
@Risk ofrece múltiples formas de visualizar los resultados. El modelo predeterminado es la presentación de histogramas que se ha generado a partir de la simulación, como se puede apreciar en los siguientes gráficos:



Este grafico nos indica que el 90 % de los casos el presupuesto oscila entre S/.576 896 y S/. 623 631.

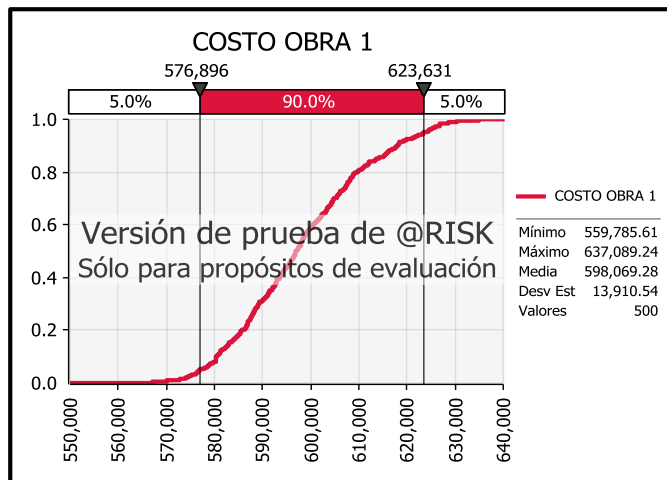


Este grafico nos indica que el 90 % de los casos el presupuesto oscila entre S/.3 393 300 y S/. 3 692 700.

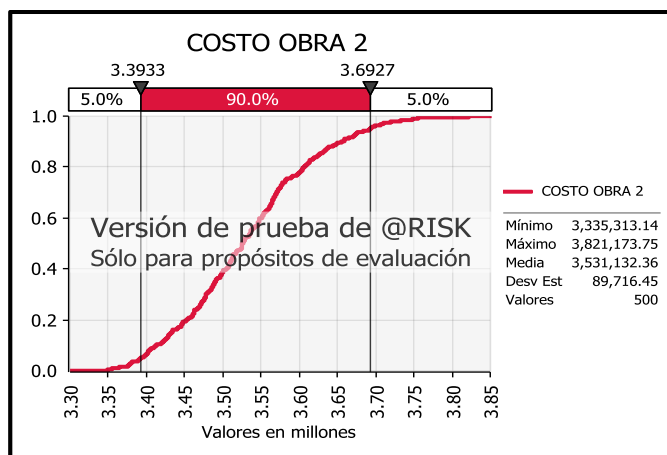


Este grafico nos indica que el 90 % de los casos el presupuesto oscila entre S/.802 439 y S/.870 480.

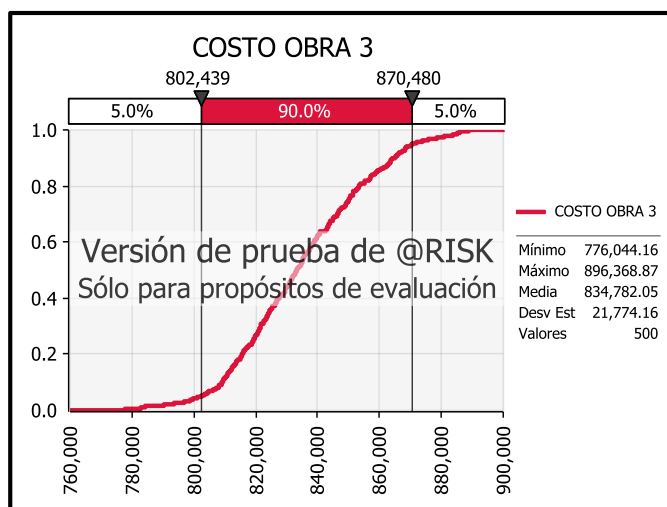
Una forma bastante útil de visualizar la resultante probabilística es el gráfico de probabilidad acumulada ascendente, tal como se ve a continuación:



Podemos concluir con este gráfico que para asegurar el presupuesto con un 95% de confianza (probabilidad acumulada) se necesita de S/.623 631. Este monto sobrepasa en S/. 54 038 el costo base (contingencia). Entonces el incremento del costo es del 9.49%.

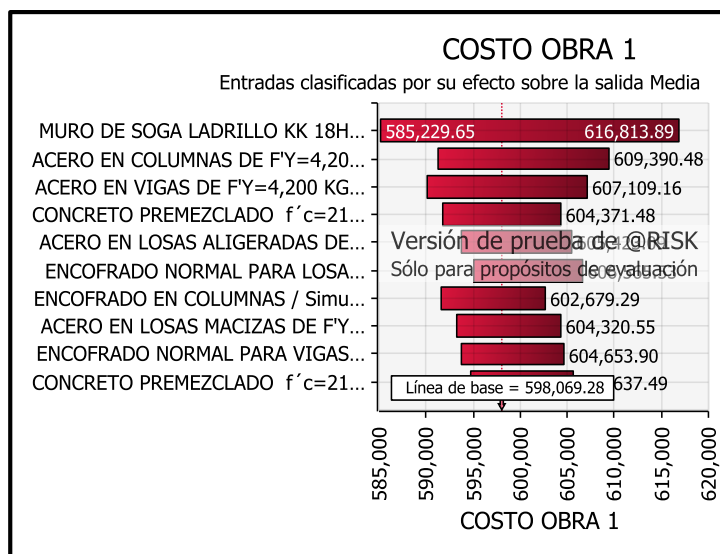


Podemos concluir con este gráfico que para asegurar el presupuesto con un 95% de confianza (probabilidad acumulada) se necesita de S/.3 692 732. Este monto sobrepasa en S/.329 748 el costo base (contingencia). Entonces el incremento del costo es del 9.81%.

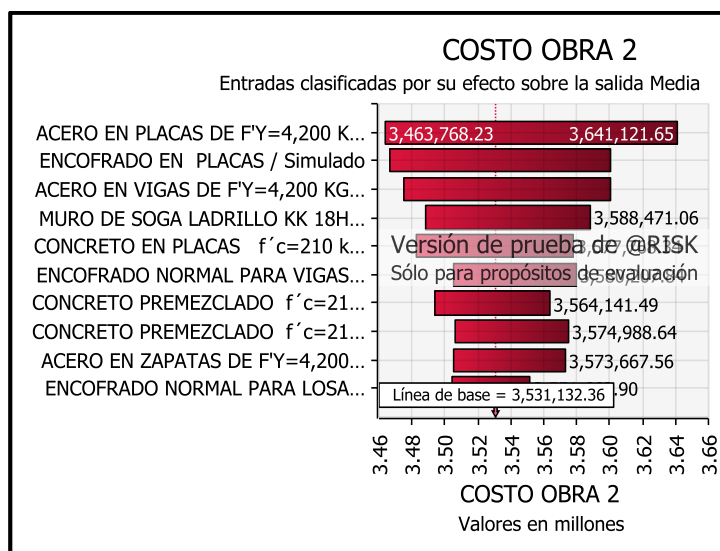


Podemos concluir con este gráfico que para asegurar el presupuesto con un 95% de confianza (probabilidad acumulada) se necesita de S/.870 480. Este monto sobrepasa en S/.75 450 el costo base (contingencia). Entonces el incremento del costo es del 9.5%.

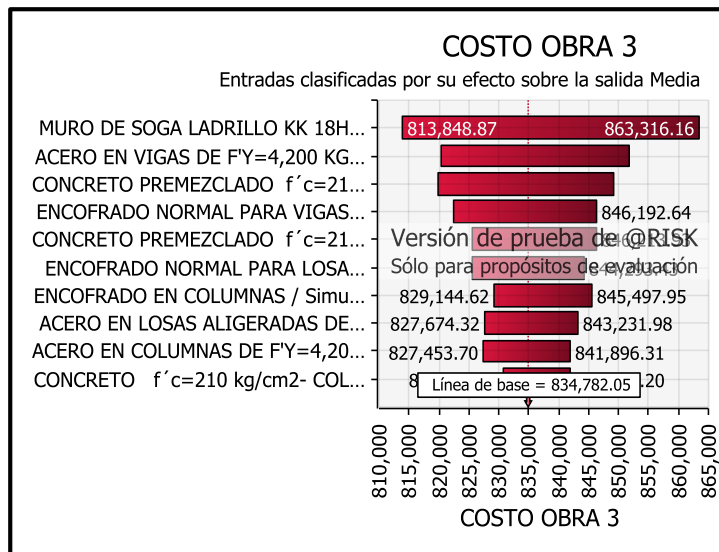
Por último, el análisis de sensibilidad muestra otra forma de visualizar los resultados, mediante el gráfico de tornado. En el caso de estos gráficos, a mayor longitud de barra, mayor la sensibilidad de la variable.



En el gráfico se ve que la partida MURO EN SOGA LADRILLO KK 18H, es más sensible para alcanzar valores altos de la resultante que para valores bajos.



En el gráfico se ve que la partida ACERO EN PLACAS DE F'Y=4,200 kg/cm², es más sensible para alcanzar valores altos de la resultante que para valores bajos.



En el gráfico se ve que la partida MURO EN SOGA LADRILLO KK 18H, es más sensible para alcanzar valores altos de la resultante que para valores bajos.

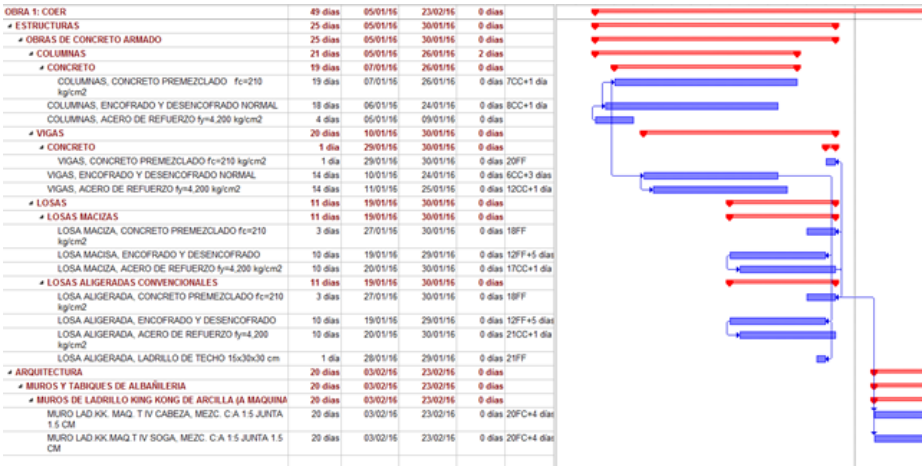
B) ANÁLISIS DE RIESGO EN LOS PLAZOS

De la misma manera que el análisis anterior se usará el programa @RISK para hacer la simulación en la estimación de Plazos.

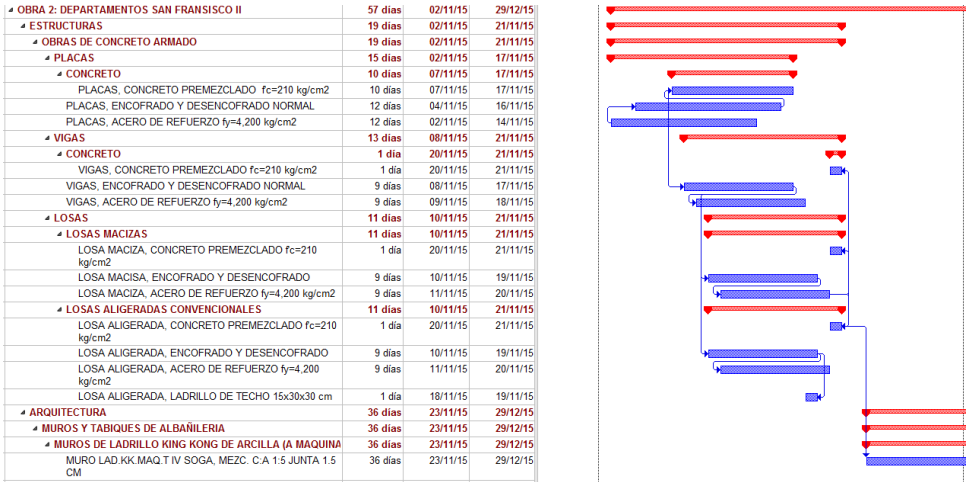
B.1. Configuración de simulación

Para evaluar el plazo de las partidas más representativas definidas con la ley de Pareto del 80/20; se debe tener el cronograma en el programa MS PROJECT como se presenta en los siguientes gráficos:

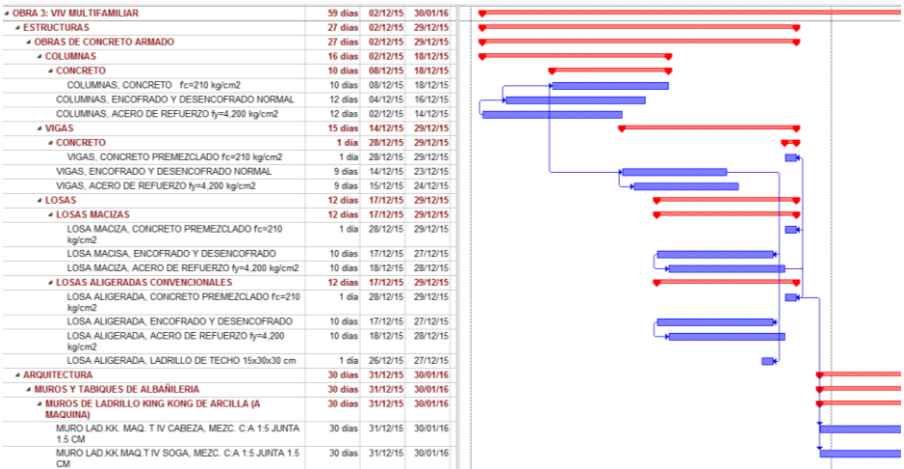
OBRA 1: COER – HUANUCO



OBRA 2: CONSTRUCCIÓN DE DEPARTAMENTOS SAN FRANCISCO II



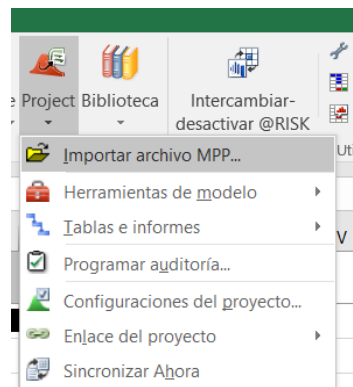
OBRA 3: CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR



NOTA: los calendarios mostrados abarcan las partidas más representativas en plazos reales de obra por piso típico.

@RISK puede importar calendarios de los archivos de Microsoft Project y mostrarlos en Excel. Una vez que se encuentran en Excel, es posible añadir fórmulas y distribuciones de @RISK a un calendario para poder realizar un análisis de riesgos.

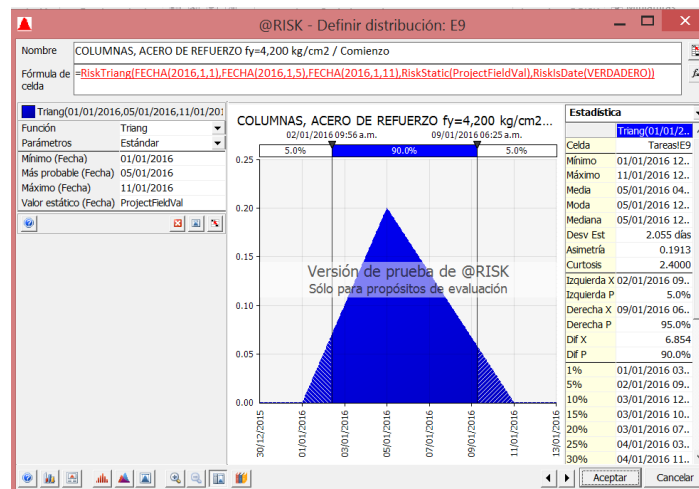
Se importó el archivo Tutorial.MPP de Microsoft Project a Excel utilizando el comando Importar archivo .MPP del menú Project de @RISK.



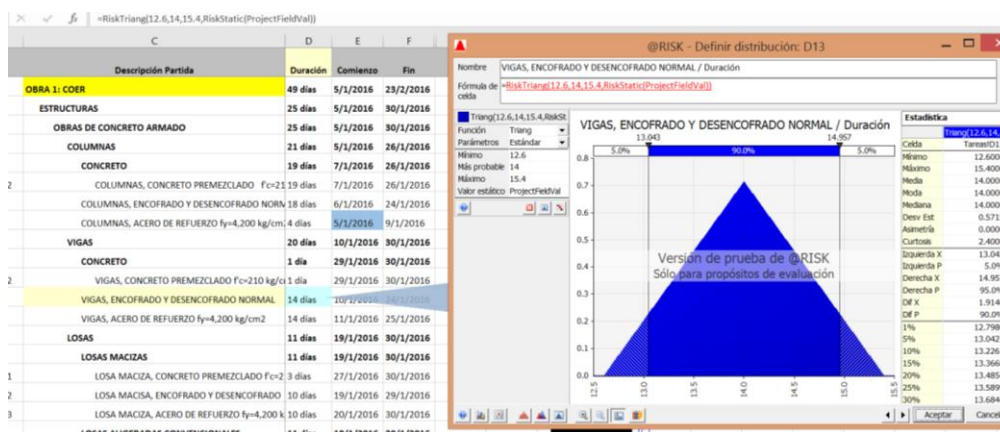
El primer paso para configurar un análisis de riesgos en Excel consiste en introducir los rangos de valores posibles para las estimaciones del calendario. Se han añadido rangos de valores posibles a los elementos del calendario, en la fecha de inicio y en las demás partidas respecto a su duración.

CRONOGRAMA OBRA 1 coer OKKK - E

ID	Texto7	Descripción Partida	Duración	Comienzo	Fin	3/1/16	10/1/16
1		OBRA 1: COER	49 días	5/1/2016	23/2/2016		
2	03	ESTRUCTURAS	25 días	5/1/2016	30/1/2016		
3	03.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO	25 días	5/1/2016	30/1/2016		
4	03.03.03	COLUMNAS	21 días	5/1/2016	26/1/2016		
5	03.03.03.01	CONCRETO	19 días	7/1/2016	26/1/2016		
6	03.03.03.01.02	COLUMNAS, CONCRETO PREMEZCLADO f'c=21	19 días	7/1/2016	26/1/2016		
7	03.03.03.02	COLUMNAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORM	18 días	6/1/2016	24/1/2016		
8	03.03.03.03	COLUMNAS, ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm²	4 días	5/1/2016	9/1/2016		
9	03.03.03.05	VIGAS	20 días	10/1/2016	30/1/2016		



Duración en las partidas:



El segundo paso consiste en definir una salida del análisis utilizando el botón Añadir salida de la cinta de @RISK. Se trata de la fecha de finalización del calendario de la obra correspondiente en análisis.

=RiskOutput()+42423					
C	D	E	F	L	M
Descripción Partida	Duración	Comienzo	Fin	3/1/16	10/1/16
OBRA 1: COER	49 días	5/1/2016	23/2/2016		
ESTRUCTURAS	25 días	5/1/2016	30/1/2016		
OBRAS DE CONCRETO ARMADO					
COLUMNAS					
CONCRETO					
COLUMNAS, CONCRETO PREMEZCLADO f'c=					

@RISK - Añadir/editar salida: Celda F2

Nombre: OBRA 1: COER / Fin

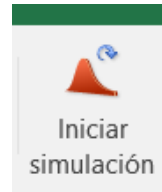
Eliminar Aceptar Cancelar

@RISK - Añadir/editar salida: Celda F2

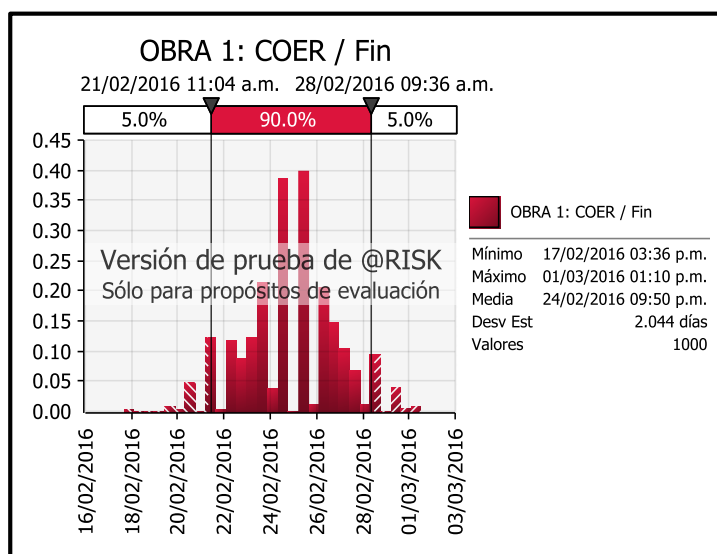
Nombre: OBRA 1: COER / Fin

Eliminar Aceptar Cancelar

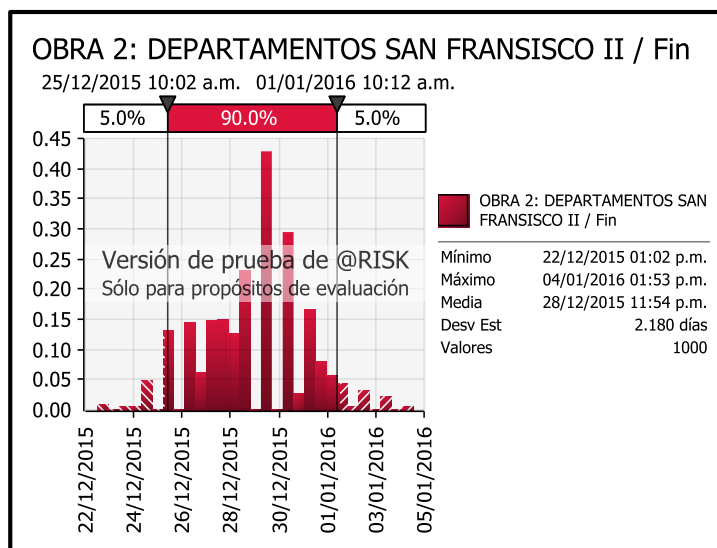
Por ultimo establecemos el número de iteraciones, en este caso 1000 y luego hacemos clic en Iniciar simulación:



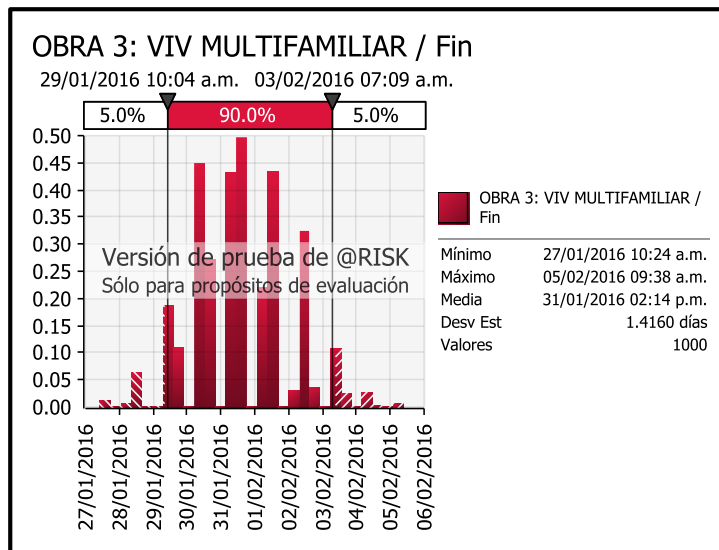
B.2. Visualización y Análisis de resultados:



Este grafico nos indica que el 90 % de los casos el final de fecha oscila entre 21 y 28 de febrero del 2016.

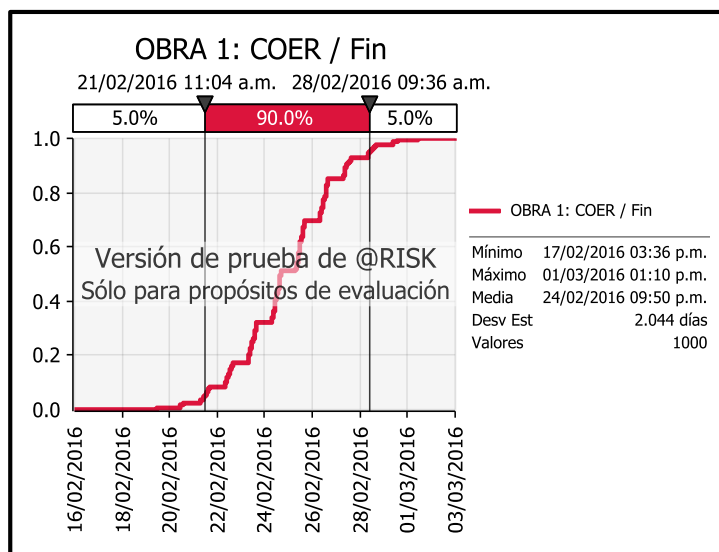


Este grafico nos indica que el 90 % de los casos el final de fecha oscila entre 25 de diciembre del 2015 y 01 de enero del 2016.

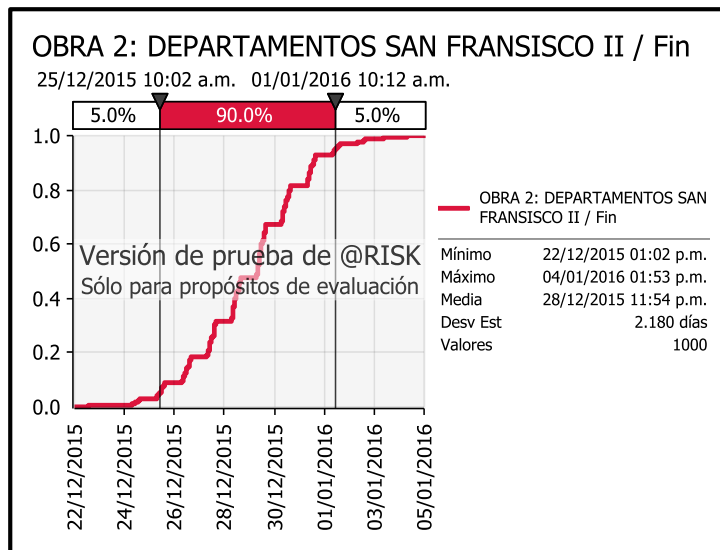


Este grafico nos indica que el 90 % de los casos el final de fecha oscila entre 29 de enero y 03 de febrero del 2016.

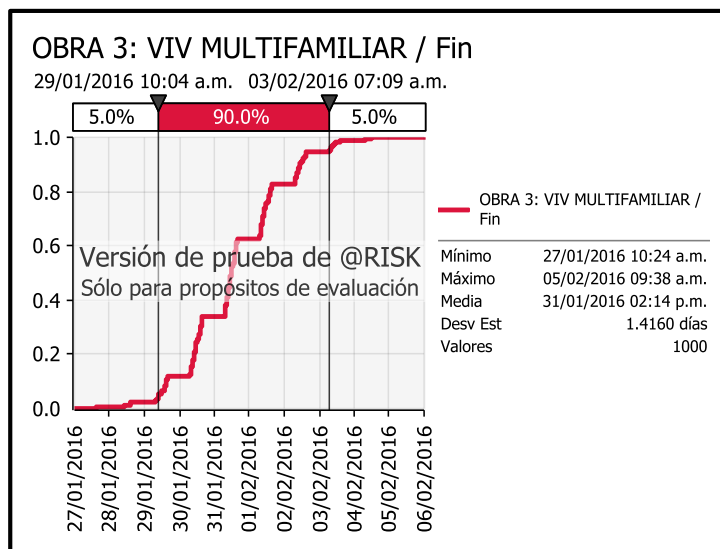
También;



Podemos concluir con este gráfico que con un 95% de confianza la fecha de término es el 28/02/16. Esta fecha sobrepasa en 5 días la fecha base. Entonces el incremento del plazo para la obra 1, considerando el número de pisos típicos (2) es 10 días.

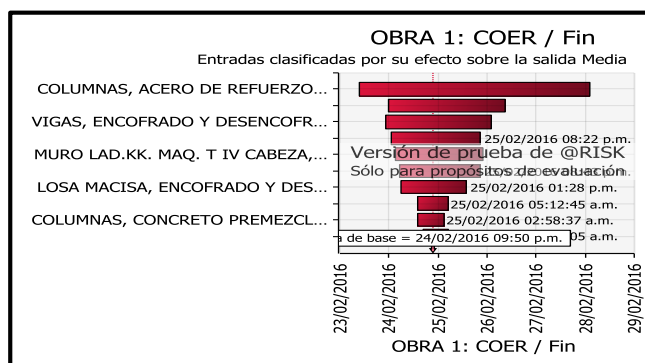


Podemos concluir con este gráfico que con un 95% de confianza la fecha de término es el 01/01/16. Esta fecha sobrepasa en 3 días la fecha base. Entonces el incremento del plazo para la obra 2, considerando el número de pisos típicos (9) es 27 días.

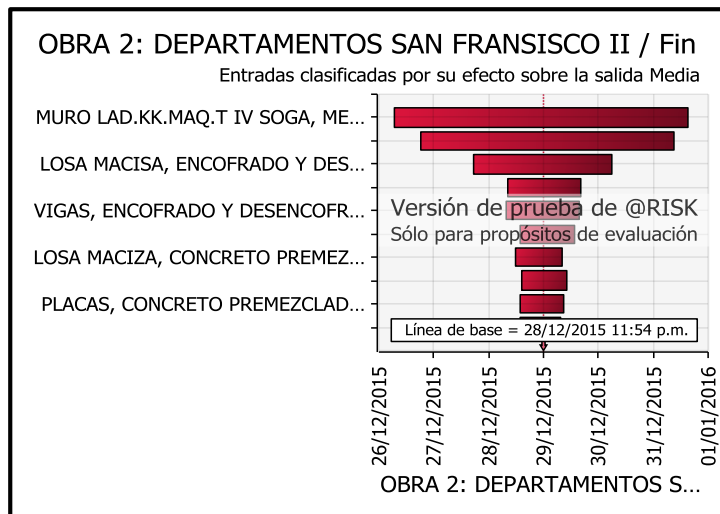


Podemos concluir con este gráfico que con un 95% de confianza la fecha de término es el 03/02/16. Esta fecha sobrepasa en 3 días la fecha base. Entonces el incremento del plazo para la obra 3, considerando el número de pisos típicos (6) es 18 días.

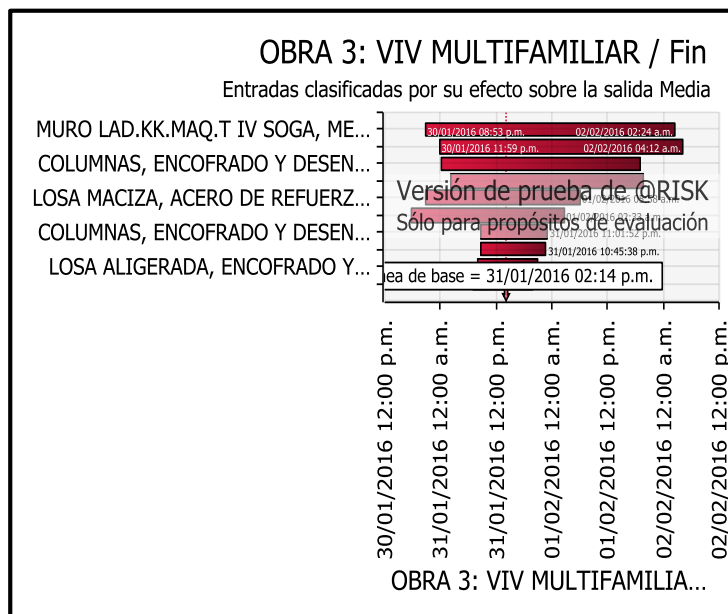
Del análisis de sensibilidad con graficas Tornado:



En el gráfico se ve que la partida COLUMNAS, ACERO DE REFUERZO DE $F_y=4,200$ kg/cm², es más sensible de impactar en la fecha de cumplimiento.



En el gráfico se ve que la partida MURO LAD SOGA KK 18H, es más sensible de impactar en la fecha de cumplimiento.



En el gráfico se ve que la partida MURO LAD SOGA KK 18H, es más sensible de impactar en la fecha de cumplimiento.

Conclusiones y Recomendaciones

Es necesario hacer este tipo de análisis de riesgos de los cronogramas, de los presupuestos, de las matrices de riesgos para poder evaluar así la certeza de la fecha de fin de proyecto, la certeza del presupuesto o la exactitud de la contingencia.

Una gran ventaja que tiene la simulación de Monte Carlo es que complementa

perfectamente a la gestión de riesgos en la construcción, no sólo en los análisis cuantitativo y cualitativo, sino también para la gestión de respuesta a los riesgos. Por ejemplo, si se encuentra que el costo de un elemento excede lo que se ha establecido como máximo, se decide mitigar ese riesgo como plan de respuesta y se decide entonces buscar alternativas para esa partida.

Se destaca de esta herramienta el análisis de sensibilidad, que sirve para básicamente priorizar la acción en la gestión de riesgos para las partidas más sensibles de un proyecto. Entonces, sirve como herramienta de seguimiento y control de riesgos.

Cabe señalar que el programa sólo es una herramienta, por lo que los datos obtenidos deben ser tratados como medios para hacer un posterior análisis y llegar a una decisión y no tomar directamente los valores como ciertos. El gerente de proyecto debe tener una adecuada experiencia y criterio para determinar los valores máximos y mínimos permisibles para asegurar la calidad de información que se procese en esta herramienta.

Del análisis de riesgo en los costos en la OBRA1, OBRA 2 y OBRA 3, se tienen un incremento de costo en 9.49 %, 9.81%, y 9.50% respectivamente, por lo tanto se puede afirmar basándonos en la tabla de Probabilidad e Impacto (Merna, 2004), que el impacto de incremento de costo es BAJA.

Del análisis de riesgo en los plazos en la OBRA1, OBRA 2 y OBRA 3, se tienen un incremento de plazos en 10, 27 y 18 días respectivamente, por lo tanto se puede afirmar basándonos en la tabla de Probabilidad e Impacto (Merna, 2004), que el impacto de incremento de plazo es MUY BAJA.

ANEXO 3: REGISTRO DE INFORMACIÓN RECOPILADA EN OBRAS.

(Los demás datos se adjuntarán de forma digital debido a su gran cantidad)

FORMULARIO PARA LA TOMA DE DATOS DE CONSUMO DE MANO DE OBRA													
FECHA:		MIÉRCOLES : 03-02-16											
PROYECTO:		COER- HUANUCO											
CONSTRUCTORA:		PARTENON CONTRATISTA EIRL											
ELABORADO POR:		Joseph Loarte pardave											
ACTIVIDAD:		MURO DE SOGA LADRILLO KING KONG 18 HUECOS DE ARCILLA - MEZCLA CEMENTO ARENA 1:5- SOGA											
UNIDAD:		M2											
DESCRIPCION:													
CANTIDAD EJECUTADA:		12.2											
CUADRILLA													
No.	NOMBRE	CARGO	FACTORES DE EVALUACION TRABAJADOR						TIEMPO				
			SITUACION PERSONAL	RITMO DE TRABAJO	HABILIDAD	CONOCIM.	DESEMP.	ACTITUD	HORA INICIAL	HORA FINAL	RECESO 1	RECESO 2	
1	Miguel Espinoza Leandro	OP	4	4	4	5	3	3	08:00	17:00	01:00:00		
2	Anibal Ponce Condezo	1/2P	4	2	3	2	4	4	08:00	17:00	01:00:00		
FACTORES DE EVALUACION ACTIVIDAD			FACTORES DE EVALUACION EQUIPAMIENTO				FACTORES DE EVALUACION SUPERVISOR						
DIFICULTAD			3		HERRAMIENTA		3		CRITERIOS DE ACEPTACION			3	
RIESGO			4		EQUIPO		4		INSTRUCCIÓN			3	
DISCONTINUIDAD			5		MANTENIMIENTO		4		SEGUIMIENTO			4	
ORDEN Y ASEO			2		SUMINISTRO		4		SUPERVISOR			3	
ACTIVIDAD PREDECESORA			4		ELEMENTOS DE PROTECCION		4		FACTORES DE EVALUACION CLIMA				
TIPICIDAD			5						ESTADO DE TIEMPO			5	
ESPACIO			4						TEMPERATURA			4	
									CONDICIONES DE SUELO			5	
									CUBIERTA			5	
OBSERVACIONES		MURO DE 4M DE LARGO											

ANEXO 4: CÁLCULO GLOBAL DE CONSUMOS, RENDIMIENTOS Y FACTORES DE AFECTACIÓN.

(Los demás datos se adjuntarán de forma digital debido a su gran cantidad)

CÁLCULO DE PROMEDIO DE AFECTACION GLOBAL - MURO DE SOGA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA - MEZCLA CEMENTO ARENA 1:5																																								
CODIGO	Fecha	DETALLE					CLIMA					ACTIVIDAD					EQUIPAMIENTO					SUPERVISOR					TRABAJADOR					PROMED TOTAL DE	VALOR GLOBAL AFECTACIO							
		Numero de Trabajadores	Jornada Efectiva (Hr)	Cantidad Ejecutada (m2)	Consumo (Hr/m2)	Rendimiento (m2/Hr)	Rendimiento (m2/DIA)	Estado del Tiempo	Temperatura	Condicion del Suelo	Cubierta	PROMEDIO	Dificultad	Riesgo	Discontinuidad	Orden y Aseo	Actividad Predecesora	Tipicidad	Espacio	PROMEDIO	Herramienta	Equipo	Mantenimiento	Suministro	Elem. Protección	PROMEDIO	Criterios Aceptación	Instrucción	Seguimiento	Supervisor	PROMEDIO			Situación Personal	Ritmo de Trabajo	Habilidad	Conocimientos	Desempeno	Actitud	PROMEDIO
FIAS-1	03/02/2016	1.5	5.63	4.60	1.223	1.227	9.81	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	69.38%	67.50%	71.25%	71.25%	69.69%	67.78%	
FIAS-2	03/02/2016	1.5	12.00	12.20	0.984	1.525	12.20	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	69.38%	67.50%	71.25%	71.25%	69.69%	67.69%	
FIAS-3	03/02/2016	1.5	12.00	12.60	0.952	1.575	12.60	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	69.38%	67.50%	71.25%	71.25%	69.69%	67.69%	
FIAS-4	03/02/2016	1.5	11.10	8.70	1.276	1.176	9.41	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	67.50%	65.63%	69.38%	69.38%	68.44%	67.60%	
FIAS-5	03/02/2016	1.5	12.00	16.50	0.727	2.063	16.50	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	71.25%	71.25%	69.38%	71.25%	70.31%	67.87%	
FIAS-6	04/02/2016	1.5	1.88	1.40	1.339	1.120	8.96	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	69.38%	67.50%	71.25%	71.25%	69.69%	67.78%	
FIAS-7	04/02/2016	1.5	12.00	11.50	1.043	1.438	11.50	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	69.38%	67.50%	71.25%	71.25%	69.69%	67.69%	
FIAS-8	04/02/2016	1.5	10.75	5.50	1.955	0.767	6.14	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	69.38%	67.50%	71.25%	71.25%	68.44%	67.60%	
FIAS-9	04/02/2016	1.5	12.00	10.70	1.121	1.338	10.70	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	71.25%	71.25%	67.50%	71.25%	69.38%	67.73%	
FIAS-10	04/02/2016	1.5	7.50	7.90	0.949	1.580	12.64	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	67.50%	69.38%	69.38%	71.25%	70.31%	67.87%	
FIAS-11	04/02/2016	1.5	10.13	9.20	1.101	1.363	10.90	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	67.50%	65.63%	67.50%	69.38%	68.13%	67.55%	
FIAS-12	05/02/2016	1.5	5.63	4.30	1.308	1.147	9.17	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	69.38%	67.50%	71.25%	71.25%	69.69%	67.78%	
FIAS-13	05/02/2016	1.5	8.25	6.10	1.352	1.109	8.87	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	69.38%	67.50%	71.25%	71.25%	69.69%	67.69%	
FIAS-14	05/02/2016	1.5	1.88	1.10	1.705	0.880	7.04	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	69.38%	67.50%	71.25%	71.25%	68.44%	67.60%	
FIAS-15	05/02/2016	1.5	8.25	7.30	1.130	1.327	10.62	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	71.25%	71.25%	69.38%	71.25%	69.38%	67.73%	
FIAS-16	05/02/2016	1.5	2.63	2.30	1.141	1.314	10.51	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	71.25%	71.25%	69.38%	71.25%	70.31%	67.87%	
FIAS-17	05/02/2016	1.5	8.25	5.60	1.473	1.018	8.15	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	67.50%	65.63%	67.50%	69.38%	68.13%	67.55%	
FIAS-18	15/02/2016	1.5	9.75	7.80	1.250	1.200	9.60	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	67.14%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	69.38%	67.50%	71.25%	71.25%	69.69%	67.57%	
F3AS-19	15/02/2016	1.5	9.75	11.08	0.880	1.705	13.64	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	67.14%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	71.25%	71.25%	69.38%	71.25%	70.31%	67.66%	
F3AS-20	15/02/2016	1.5	9.75	6.74	1.447	1.037	8.30	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	67.14%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	67.50%	65.63%	67.50%	69.38%	68.13%	67.35%	
F3AS-21	16/02/2016	1.5	3.25	1.90	1.711	0.877	7.02	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	69.38%	67.50%	71.25%	71.25%	69.69%	67.78%	
F3AS-22	16/02/2016	1.5	11.50	9.36	1.229	1.221	9.77	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	71.25%	69.38%	67.50%	69.38%	69.38%	67.73%	
F3AS-23	16/02/2016	1.5	12.50	10.88	1.149	1.306	10.44	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	71.25%	69.38%	69.38%	71.25%	70.00%	67.82%	
F3AS-24	16/02/2016	1.5	12.00	9.59	1.251	1.199	9.59	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	67.50%	65.63%	67.50%	69.38%	68.13%	67.55%	
F3AS-25	17/02/2016	1.5	2.00	1.26	1.587	0.945	7.56	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	68.57%	65.00%	70.00%	70.00%	70.00%	70.00%	69.00%	62.50%	62.50%	68.75%	62.50%	64.06%	71.25%	67.50%	69.38%	67.50%	69.38%	69.38%	69.06%	67.69%	
F3AS-26	17/02/2016	1.5	9.00	9.10	0.989	1.517	12.14	75.00%	66.25%	75.00%	75.00%	72.81%	60.00%	70.00%	80.00%	50.00%	70.00%	80.00%	70.00%	67.1																				

ANEXO 5: CÁLCULO ESTADÍSTICO.

STATGRAPHICS: Análisis de una Variable

Datos/Variable: **CONSUMO MURO SOGA**

Recuento	159
Promedio	1.49636
Mediana	1.4844
Varianza	0.141276
Desviación Estándar	0.375867
Coefficiente de Variación	25.1187%
Mínimo	0.8534
Máximo	2.474
Rango	1.6206
Cuartil Inferior	1.1818
Cuartil Superior	1.7541
Sesgo Estandarizado	1.94031
Curtosis Estandarizada	-1.3799

Intervalos de confianza del 95.0%

para la media: 1.49636 +/- 0.0588741 [1.43749, 1.55524]

Intervalos de confianza del 95.0%

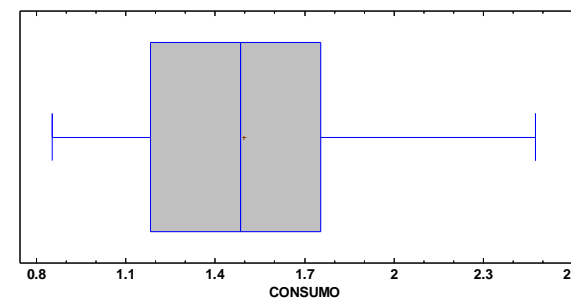
para la desviación estándar: [0.338597, 0.422434]

Chi-Cuadrada = 33.7862 con 26 g.l. Valor-P = 0.140493

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.0950014
DMENOS	0.0435758
DN	0.0950014
Valor-P	0.113404

Gráfico de Caja y Bigotes



Histograma para CONSUMO

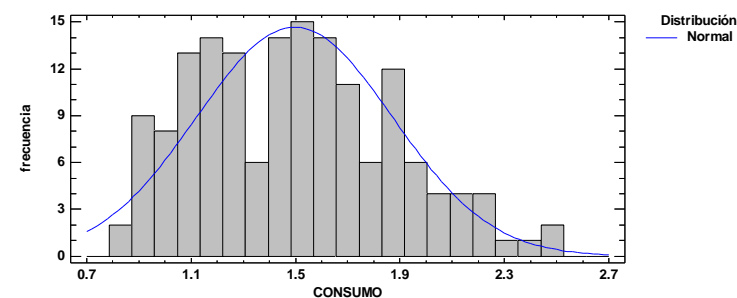
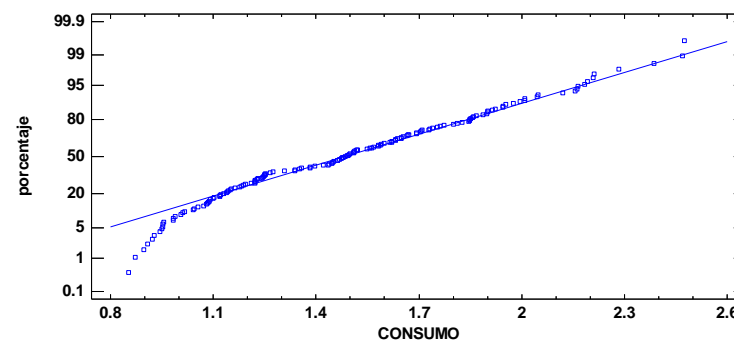


Gráfico de Probabilidad Normal



n:159
Mediana:1.4844
Sigma:0.423926
W:0.953573
P:0.0002

STATGRAPHICS: Análisis de una VariableDatos/Variable: **CONSUMO MURO CABEZA**

Recuento	21
Promedio	1.61085
Mediana	1.5814
Varianza	0.0561795
Desviación Estándar	0.237022
Mínimo	1.2953
Máximo	1.992
Rango	0.6967
Cuartil Inferior	1.4497
Cuartil Superior	1.8584
Sesgo Estandarizado	0.613425
Curtosis Estandarizada	-1.10077

Intervalos de confianza del 95.0%
 para la media: 1.61085 +/- 0.107891 [1.50296, 1.71874]
 Intervalos de confianza del 95.0%
 para la desviación estándar: [0.181336, 0.342276]

Chi-Cuadrada = 5.92857 con 3 g.l. Valor-P = 0.115135

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.122842
DMENOS	0.137566
DN	0.137566
Valor-P	0.821646

Gráfico de Caja y Bigotes

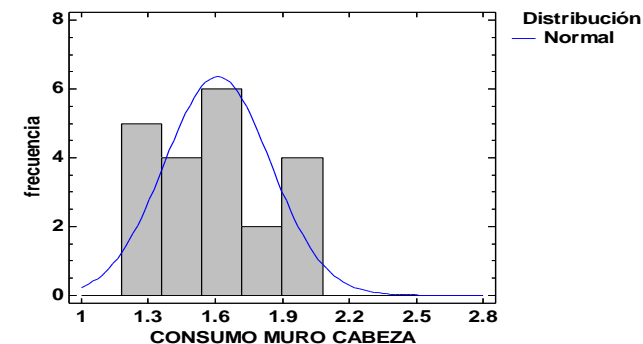
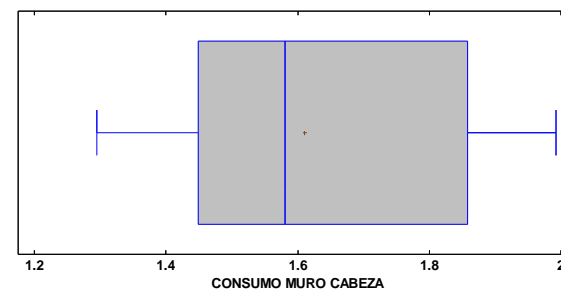
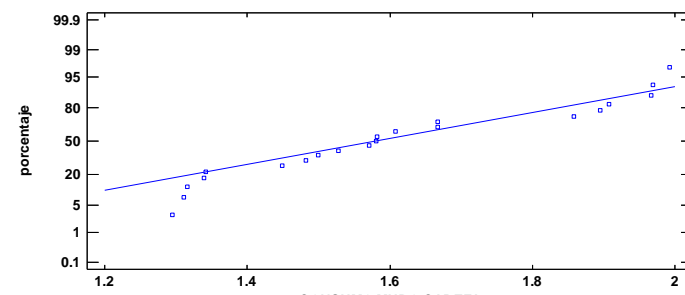


Gráfico de Probabilidad Normal



n:21
 Mediana:1.5814
 Sigma:0.302741
 W:0.912233
 P:0.0576

STATGRAPHICS: Análisis de una VariableDatos/Variable: **ENCOFRADO EN SOBRECIMIENTO ARMADO**

Recuento	11
Promedio	0.866864
Mediana	0.8381
Varianza	0.0353471
Desviación Estándar	0.188008
Coefficiente de Variación	21.6883%
Mínimo	0.6179
Máximo	1.2664
Rango	0.6485
Cuartil Inferior	0.727
Cuartil Superior	1.0067
Sesgo Estandarizado	1.26965
Curtosis Estandarizada	0.406522

Intervalos de confianza del 95.0%

para la media: 0.866864 +/- 0.126306 [0.740558, 0.99317]

Intervalos de confianza del 95.0%

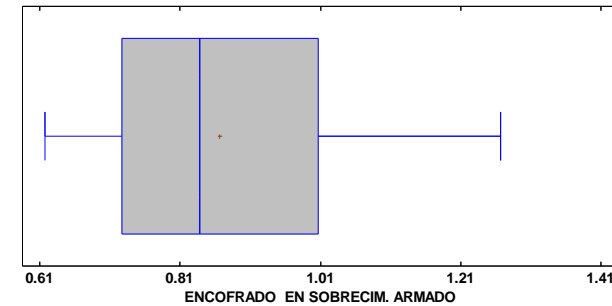
para la desviación estándar: [0.131365, 0.329941]

Chi-Cuadrada = 2.18182 con 2 g.l. Valor-P = 0.335911

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.18771
DMENOS	0.133708
DN	0.18771
Valor-P	0.833074

Gráfico de Caja y Bigotes



Histograma para ENCOFRADO EN SOBRECIMIENTO ARMADO

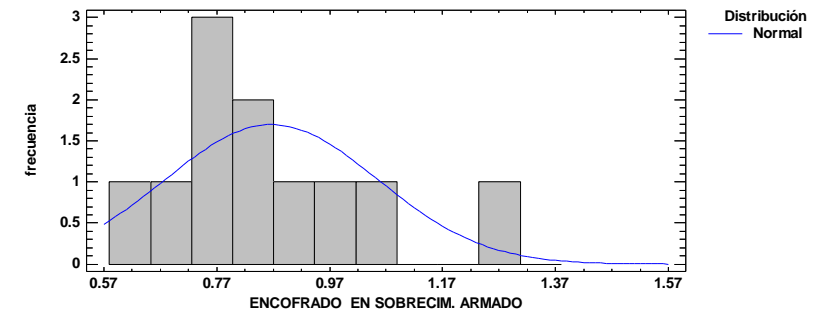
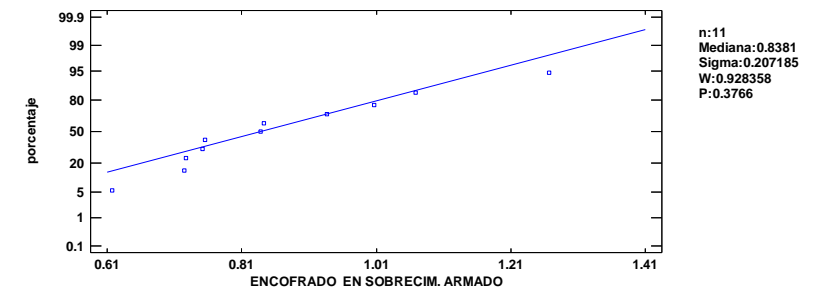


Gráfico de Probabilidad Normal



STATGRAPHICS: Análisis de una VariableDatos/Variable: **ENCOFRADO EN COLUMNAS****Resumen Estadístico para CONSUMO**

Recuento	46
Promedio	1.01541
Mediana	1.0208
Varianza	0.0356837
Desviación Estándar	0.188901
Coefficiente de Variación	18.6035%
Mínimo	0.6682
Máximo	1.3725
Rango	0.7043
Cuartil Inferior	0.8987
Cuartil Superior	1.1327
Sesgo Estandarizado	-0.00695919
Curtosis Estandarizada	-0.919287

Intervalos de confianza del 95.0% para la media: 1.01541 +/- 0.0560969

[0.959312, 1.07151]

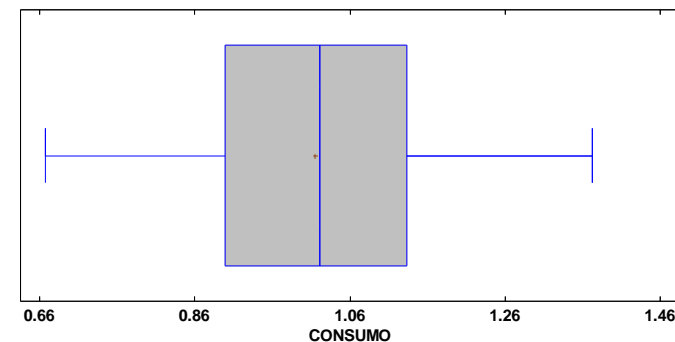
Intervalos de confianza del 95.0% para la desviación estándar: [0.156682, 0.237925]

Chi-Cuadrada = 15.8261 con 15 g.l. Valor-P = 0.393703

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.063331
DMENOS	0.0765343
DN	0.0765343
Valor-P	0.950414

Gráfico de Caja y Bigotes



Histograma para CONSUMO

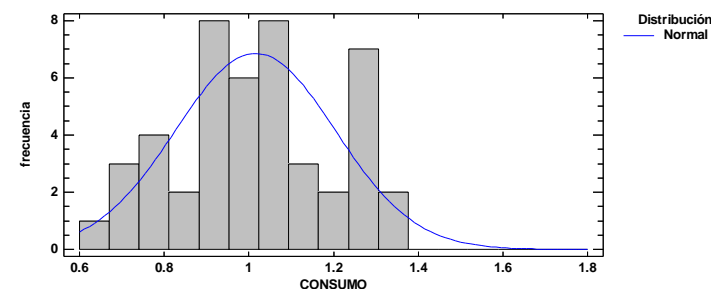
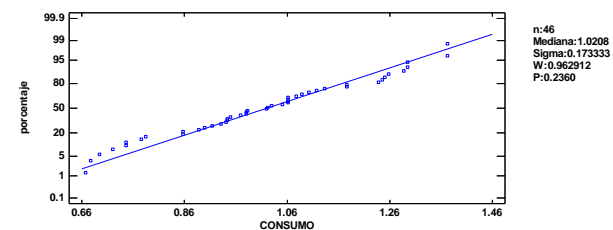


Gráfico de Probabilidad Normal



STATGRAPHICS: Análisis de una VariableDatos/Variable: **ENCOFRADO EN PLACAS**

Recuento	18
Promedio	0.924156
Mediana	0.91075
Varianza	0.01276
Desviación Estándar	0.11296
Coefficiente de Variación	12.2231%
Mínimo	0.7128
Máximo	1.1449
Rango	0.4321
Cuartil Inferior	0.8482
Cuartil Superior	0.9959
Sesgo Estandarizado	0.764268
Curtosis Estandarizada	-0.00127075

Intervalos de Confianza para ENCOFRADO EN PLACAS

Intervalos de confianza del 95.0% para la media: 0.924156 +/- 0.0561738

[0.867982, 0.980329]

Intervalos de confianza del 95.0% para la desviación estándar:

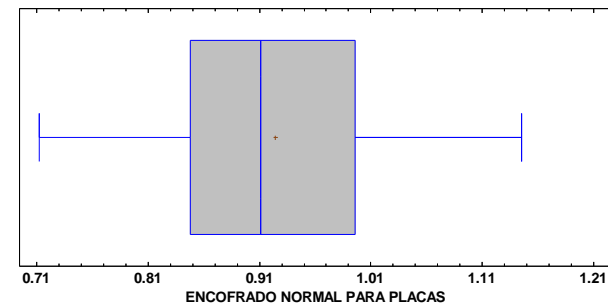
[0.0847638, 0.169343]

Chi-Cuadrada = 2.66667 con 3 g.l. Valor-P = 0.445918

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.142709
DMENOS	0.0920214
DN	0.142709
Valor-P	0.856966

Gráfico de Caja y Bigotes



Histograma para ENCOFRADO NORMAL PARA PLACAS

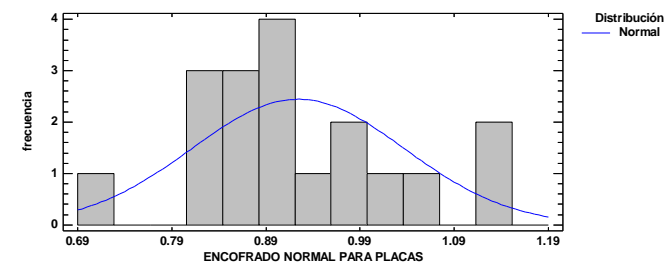
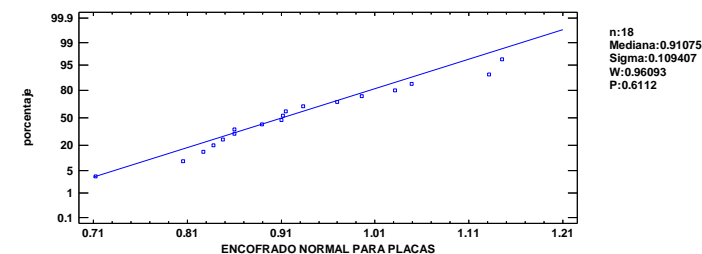


Gráfico de Probabilidad Normal



STATGRAPHICS: Análisis de una VariableDatos/Variable: **ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS (fondos)**

Recuento	47
Promedio	2.10653
Mediana	2.1217
Varianza	0.249933
Desviación Estándar	0.499933
Coefficiente de Variación	23.7325%
Mínimo	0.9674
Máximo	3.0976
Rango	2.1302
Cuartil Inferior	1.779
Cuartil Superior	2.4578
Sesgo Estandarizado	-0.633103
Curtosis Estandarizada	-0.123846

Intervalos de Confianza para CONSUMO

Intervalos de confianza del 95.0% para la media: 2.10653 +/- 0.146786

[1.95975, 2.25332]

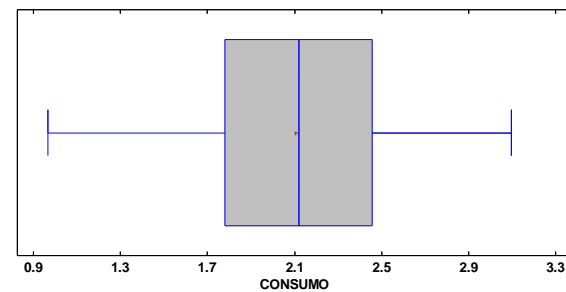
Intervalos de confianza del 95.0% para la desviación estándar: [0.415432, 0.627909]

Chi-Cuadrada = 9.29787 con 15 g.l. Valor-P = 0.861435

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.0729885
DMENOS	0.0713656
DN	0.0729885
Valor-P	0.963699

Gráfico de Caja y Bigotes



Histograma para CONSUMO

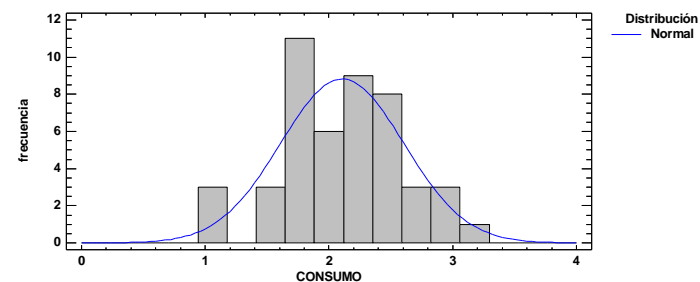
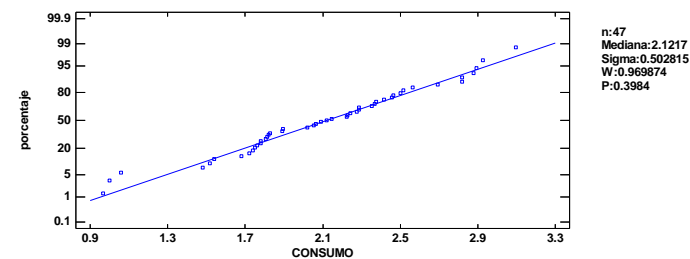


Gráfico de Probabilidad Normal



STATGRAPHICS: Análisis de una VariableDatos/Variable: **ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS (tapas)**

Recuento	38
Promedio	1.066
Mediana	0.98015
Varianza	0.0671336
Desviación Estándar	0.259101
Coefficiente de Variación	24.3059%
Mínimo	0.6631
Máximo	1.5957
Rango	0.9326
Cuartil Inferior	0.8817
Cuartil Superior	1.2626
Sesgo Estandarizado	1.5542
Curtosis Estandarizada	-0.63771

Intervalos de confianza del 95.0% para la media: 1.066 +/- 0.0851647

[0.980838, 1.15117]

Intervalos de confianza del 95.0% para la desviación estándar: [0.211236,

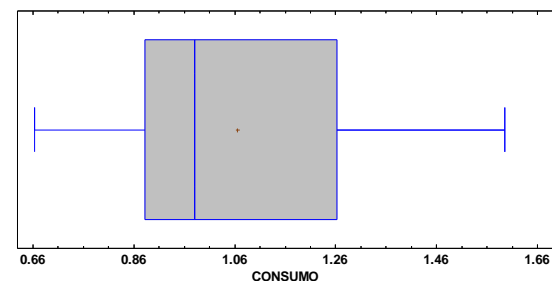
0.335212]

Chi-Cuadrada = 19.2632 con 13 g.l. Valor-P = 0.115168

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>	
DMAS	0.154157	
DMENOS	0.0706873	
DN	0.154157	
Valor-P	0.329315	

Gráfico de Caja y Bigotes



Histograma para CONSUMO

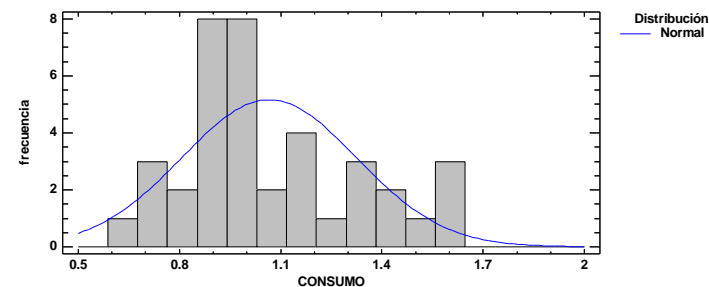
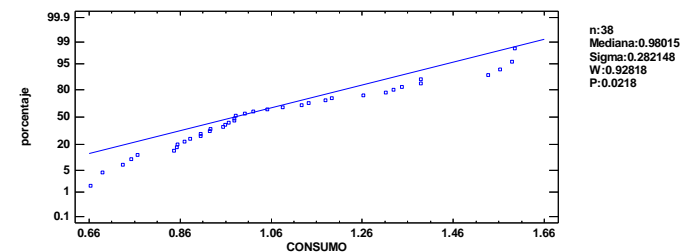


Gráfico de Probabilidad Normal



STATGRAPHICS: Análisis de una VariableDatos/Variable: **ENCOFRADO NORMAL PARA LOSA ALIGERADA**

Recuento	68
Promedio	0.474887
Mediana	0.4661
Varianza	0.00671733
Desviación Estándar	0.0819593
Coefficiente de Variación	17.2587%
Mínimo	0.3438
Máximo	0.637
Rango	0.2932
Cuartil Inferior	0.40465
Cuartil Superior	0.5322
Sesgo Estandarizado	0.584928
Curtosis Estandarizada	-1.9786

Intervalos de Confianza para CONSUMOIntervalos de confianza del 95.0% para la media: 0.474887 +/- 0.0198384
[0.455048, 0.494725]

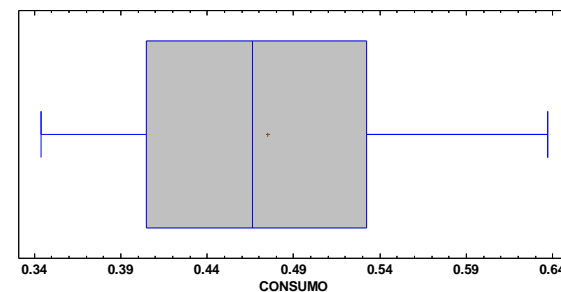
Intervalos de confianza del 95.0% para la desviación estándar: [0.070126, 0.0986343]

Chi-Cuadrada = 29.5882 con 18 g.l. Valor-P = 0.0516473

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.103909
DMENOS	0.0703709
DN	0.103909
Valor-P	0.463396

Gráfico de Caja y Bigotes



Histograma para CONSUMO

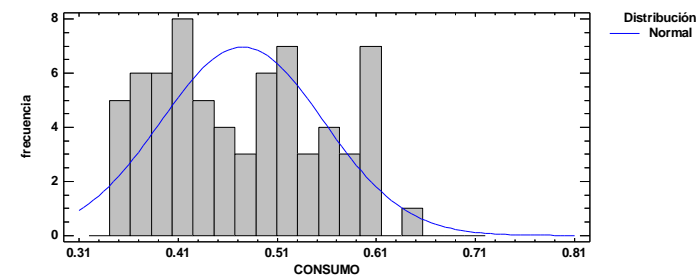
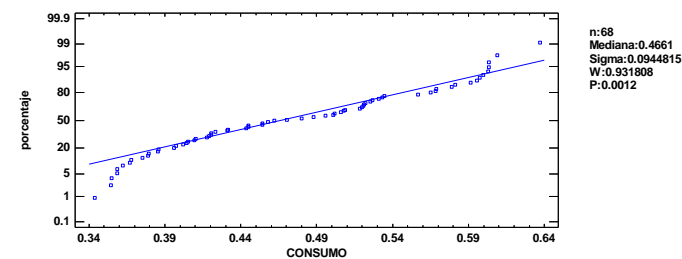


Gráfico de Probabilidad Normal



STATGRAPHICS: Análisis de una VariableDatos/Variable: **ACERO EN ZAPATAS DE F'Y=4,200 KG/CM2**

Recuento	8
Promedio	0.0479125
Mediana	0.04725
Varianza	0.0000513641
Desviación Estándar	0.00716688
Coeficiente de Variación	14.9583%
Mínimo	0.0385
Máximo	0.0588
Rango	0.0203
Cuartil Inferior	0.042
Cuartil Superior	0.05375
Sesgo Estandarizado	0.273449
Curtosis Estandarizada	-0.721605

Intervalos de confianza del 95.0% para la media: 0.0479125 +/- 0.00599167 [0.0419208, 0.0539042]

Intervalos de confianza del 95.0% para la desviación estándar: [0.00473855, 0.0145865]

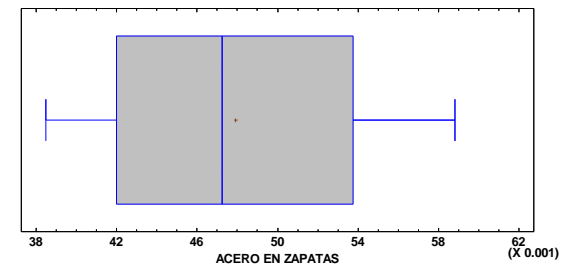
Pruebas de Normalidad para ACERO EN ZAPATAS

Prueba	Estadístico	Valor-P
Chi-Cuadrado	1.0	0.985612
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.965899	0.862259

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	Normal
DMAS	0.137047
DMENOS	0.104796
DN	0.137047
Valor-P	0.998243

Gráfico de Caja y Bigotes



Histograma para ACERO EN ZAPATAS

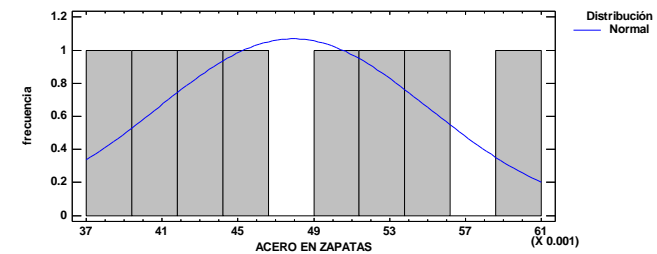
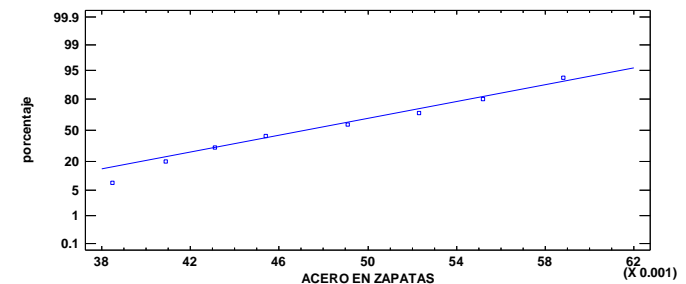


Gráfico de Probabilidad Normal



n:8
 Mediana:0.04725
 Sigma:0.0087037
 W:0.965899
 P:0.8623

STATGRAPHICS: Análisis de una VariableDatos/Variable: **ACERO EN COLUMNAS DE F'Y=4,200 KG/CM2**Datos/Variable: **ACERO EN COLUMNAS**

Recuento	19
Promedio	0.0550842
Mediana	0.0536
Varianza	0.0000282214
Desviación Estándar	0.00531238
Coefficiente de Variación	9.64411%
Mínimo	0.0469
Máximo	0.0657
Rango	0.0188
Cuartil Inferior	0.0515
Cuartil Superior	0.0587
Sesgo Estandarizado	1.00946
Curtosis Estandarizada	-0.311217

Intervalos de confianza del 95.0%

para la media: 0.0550842 +/- 0.00256049 [0.0525237, 0.0576447]

Intervalos de confianza del 95.0%

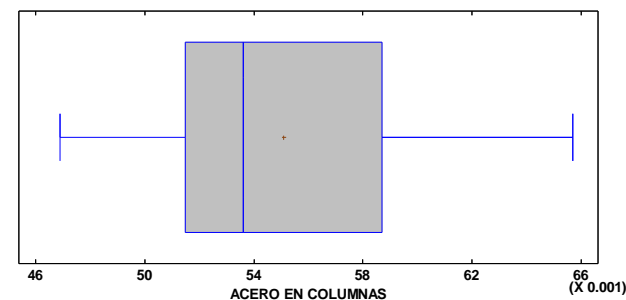
para la desviación estándar: [0.0040141, 0.00785608]

Chi-Cuadrada = 4.68421 con 3 g.l. Valor-P = 0.196433

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.188975
DMENOS	0.0922312
DN	0.188975
Valor-P	0.519226

Gráfico de Caja y Bigotes



Histograma para ACERO EN COLUMNAS

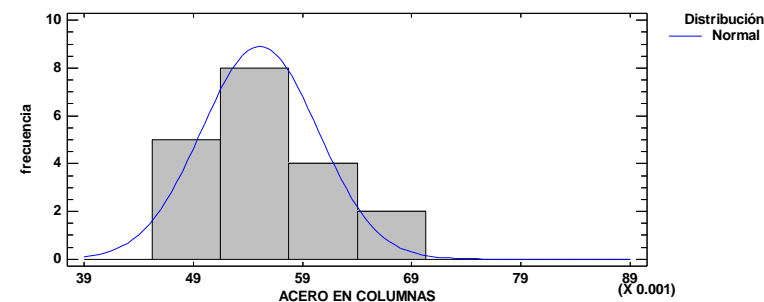
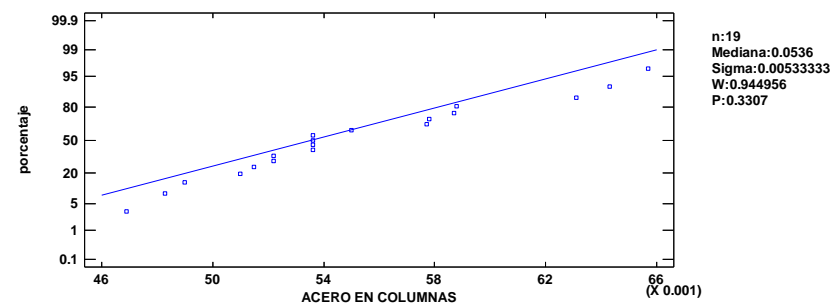


Gráfico de Probabilidad Normal



STATGRAPHICS: Análisis de una VariableDatos/Variable: **ACERO PLACAS DE F'Y=4,200 KG/CM2**

Recuento	13
Promedio	0.0525308
Mediana	0.0528
Varianza	0.00000370731
Desviación Estándar	0.00192544
Coefficiente de Variación	3.66535%
Mínimo	0.0497
Máximo	0.0555
Rango	0.0058
Cuartil Inferior	0.0512
Cuartil Superior	0.0537
Sesgo Estandarizado	-0.153145
Curtosis Estandarizada	-0.768201

Intervalos de confianza del 95.0% para la media: 0.0525308 +/- 0.00116353 [0.0513672, 0.0536943]

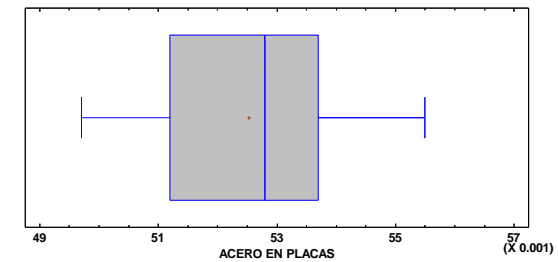
Intervalos de confianza del 95.0% para la desviación estándar: [0.0013807, 0.00317838]

Chi-Cuadrada = 3.78205 con 2 g.l. Valor-P = 0.150917

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.139882
DMENOS	0.170989
DN	0.170989
Valor-P	0.841695

Gráfico de Caja y Bigotes



Histograma para ACERO EN PLACAS

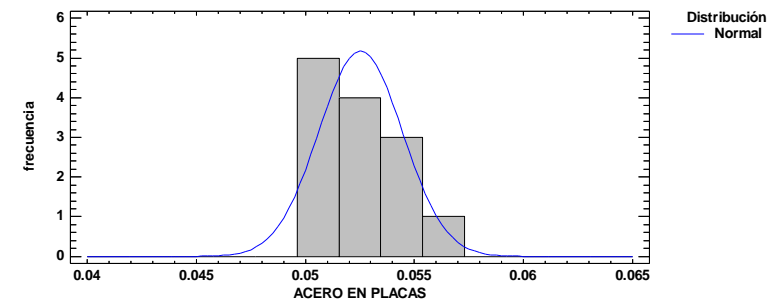
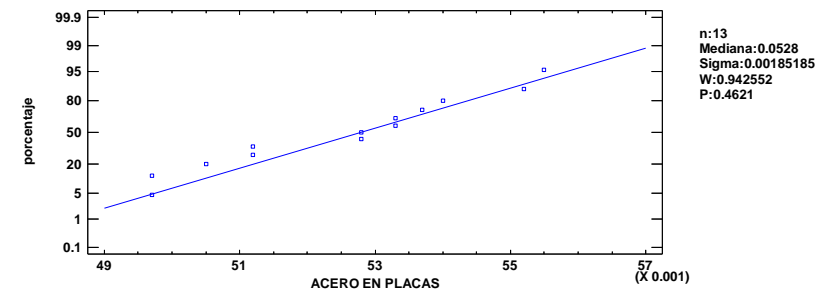


Gráfico de Probabilidad Normal



STATGRAPHICS: Análisis de una VariableDatos/Variable: **ACERO EN VIGAS DE F'Y=4,200 KG/CM2**

Recuento	56
Promedio	0.0511857
Mediana	0.0489
Varianza	0.000119627
Desviación Estándar	0.0109374
Coefficiente de Variación	21.3681%
Mínimo	0.0273
Máximo	0.0734
Rango	0.0461
Cuartil Inferior	0.045
Sesgo Estandarizado	0.442761
Curtosis Estandarizada	-0.515805

Intervalos de confianza del 95.0% para la media: 0.0511857 +/- 0.00292906 [0.0482567, 0.0541148]

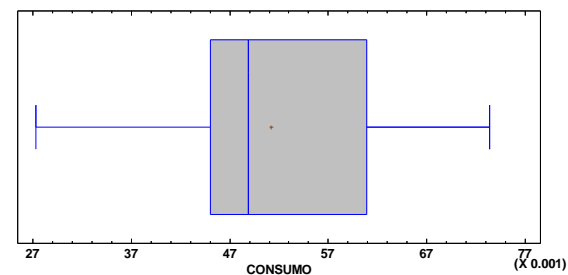
Intervalos de confianza del 95.0% para la desviación estándar: [0.00922104, 0.0134449]

Chi-Cuadrada = 20.6786 con 16 g.l. Valor-P = 0.191199

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.0988422
DMENOS	0.0756766
DN	0.0988422
Valor-P	0.64458

Gráfico de Caja y Bigotes



Histograma para CONSUMO

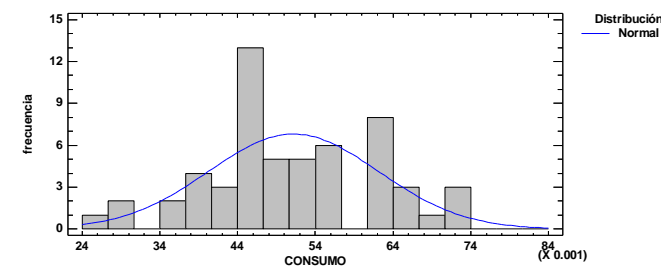
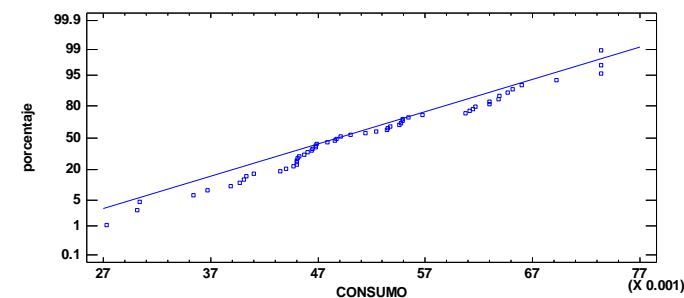


Gráfico de Probabilidad Normal



STATGRAPHICS: Análisis de una VariableDatos/Variable: **ACERO EN LOSA MACIZA DE F'Y=4,200 KG/CM2**

Recuento	11
Promedio	0.0452818
Mediana	0.0447
Varianza	0.0000529036
Desviación Estándar	0.00727349
Coefficiente de Variación	16.0627%
Mínimo	0.0353
Máximo	0.0569
Rango	0.0216
Cuartil Inferior	0.0374
Cuartil Superior	0.0537
Sesgo Estandarizado	0.318194
Curtosis Estandarizada	-0.734135

Intervalos de confianza del 95.0%

para la media: 0.0452818 +/- 0.00488641 [0.0403954, 0.0501682]

Intervalos de confianza del 95.0%

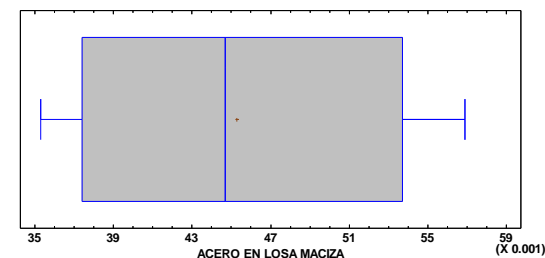
para la desviación estándar: [0.00508211, 0.0127645]

Chi-Cuadrada = 4.90909 con 2 g.l. Valor-P = 0.0859022

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.133465
DMENOS	0.149169
DN	0.149169
Valor-P	0.967212

Gráfico de Caja y Bigotes



Histograma para ACERO EN LOSA MACIZA

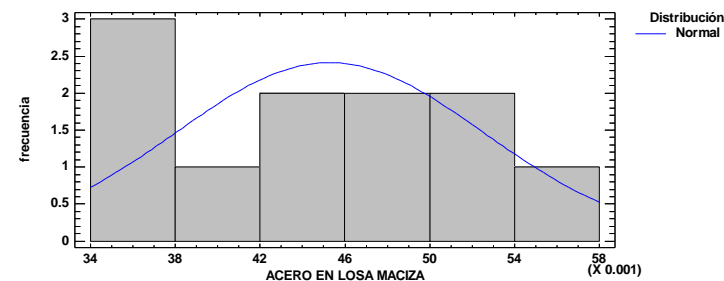
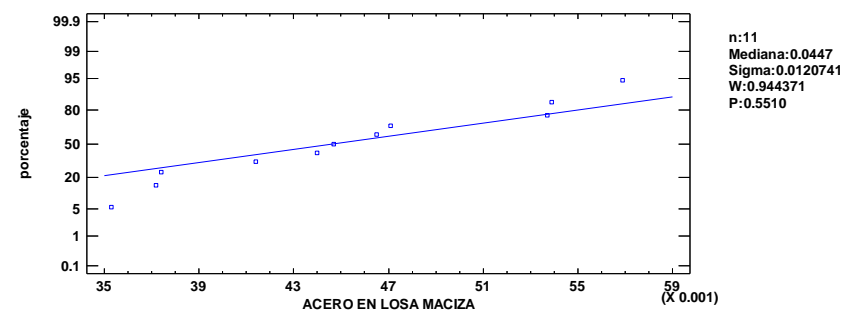


Gráfico de Probabilidad Normal



STATGRAPHICS: Análisis de una Variable

Datos/Variable: **ACERO EN LOSAS ALIGERADAS DE F'Y=4,200 KG/CM2**

Recuento	15
Promedio	0.03986
Mediana	0.0392
Varianza	0.0000137011
Desviación Estándar	0.00370151
Coeficiente de Variación	9.28627%
Mínimo	0.0329
Máximo	0.0456
Rango	0.0127
Cuartil Inferior	0.0381
Cuartil Superior	0.0434
Sesgo Estandarizado	-0.184336
Curtosis Estandarizada	-0.336071

Intervalos de confianza del 95.0% para la media: 0.03986 +/- 0.00204983

[0.0378102, 0.0419098]

Intervalos de confianza del 95.0% para la desviación estándar:

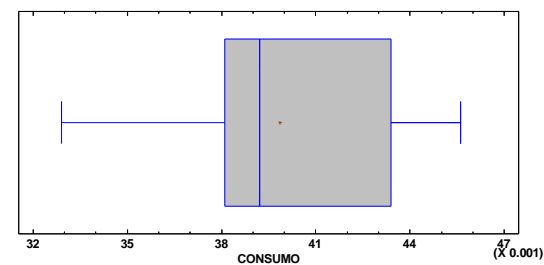
[0.00270997, 0.00583763]

Chi-Cuadrada = 1.01111 con 2 g.l. Valor-P = 0.60317

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.128002
DMENOS	0.11722
DN	0.128002
Valor-P	0.966598

Gráfico de Caja y Bigotes



Histograma para CONSUMO

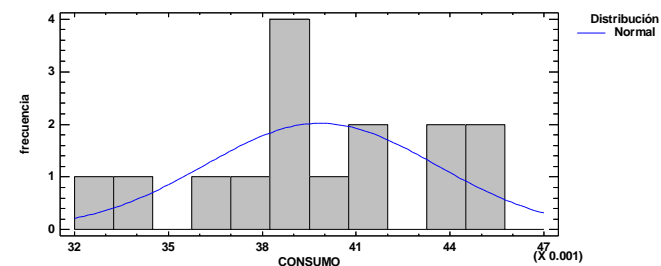
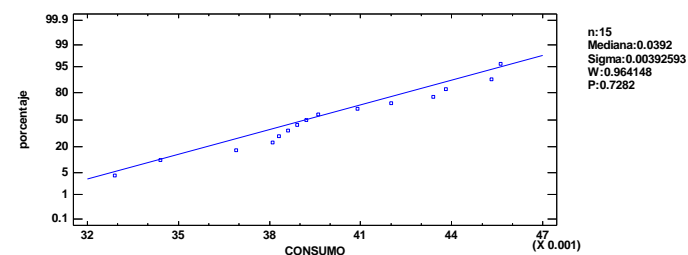


Gráfico de Probabilidad Normal



STATGRAPHICS: Análisis de una Variable

Datos/Variable: **CONCRETO PREMEZCLADO $f'c=210$ kg/cm² - LOSA ALIGERADA Y VIGAS**

Recuento	15
Promedio	0.409927
Mediana	0.4167
Varianza	0.00138864
Desviación Estándar	0.0372644
Coeficiente de Variación	9.09051%
Mínimo	0.3413
Máximo	0.4519
Rango	0.1106
Cuartil Inferior	0.3871
Cuartil Superior	0.4444
Sesgo Estandarizado	-1.04289
Curtosis Estandarizada	-0.654366

Intervalos de confianza del 95.0% para la media: 0.409927 +/- 0.0206364
[0.38929, 0.430563]

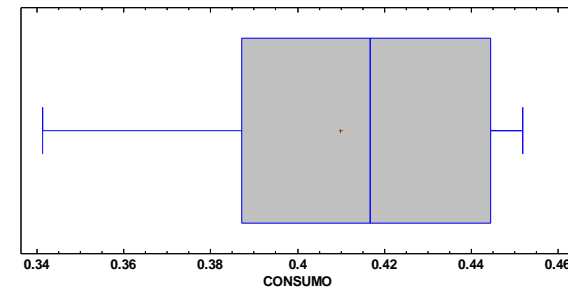
Intervalos de confianza del 95.0% para la desviación estándar:
[0.0272823, 0.0587696]

Chi-Cuadrada = 3.57778 con 2 g.l. Valor-P = **0.167146**

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.130005
DMENOS	0.172118
DN	0.172118
Valor-P	0.765851

Gráfico de Caja y Bigotes



Histograma para CONSUMO

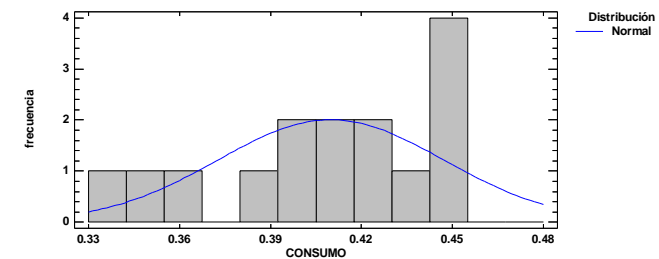
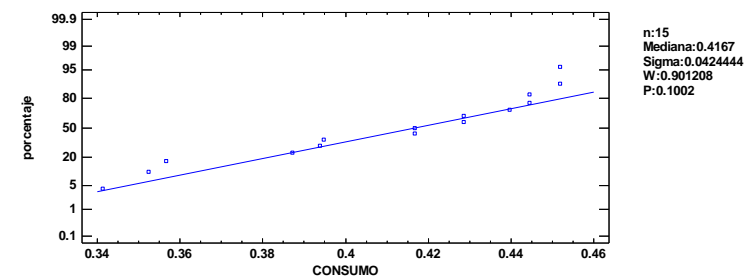


Gráfico de Probabilidad Normal



STATGRAPHICS: Análisis de una Variable

Datos/Variable: **CONCRETO COLUMNAS (PREMEZCLADO $f'_c=210$ kg/cm²)**

Recuento	7
Promedio	0.6372
Mediana	0.6458
Varianza	0.00617027
Desviación Estándar	0.0785511
Coefficiente de Variación	12.3275%
Mínimo	0.5413
Máximo	0.768
Rango	0.2267
Cuartil Inferior	0.5567
Cuartil Superior	0.6904
Sesgo Estandarizado	0.496665
Curtosis Estandarizada	-0.0797817

Intervalos de confianza del 95.0%

para la media: 0.6372 +/- 0.0726478 [0.564552, 0.709848]

Intervalos de confianza del 95.0%

para la desviación estándar: [0.0506178, 0.172974]

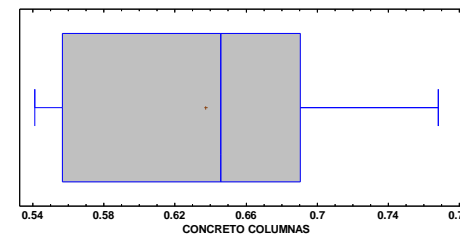
Pruebas de Normalidad para CONCRETO COLUMNAS

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.960566	0.832692

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	Normal
DMAS	0.132989
DMENOS	0.115021
DN	0.132989
Valor-P	0.999665

Gráfico de Caja y Bigotes



Histograma para CONCRETO COLUMNAS

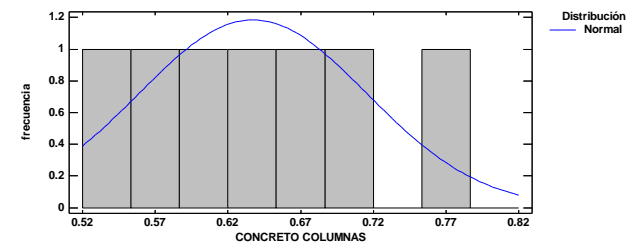
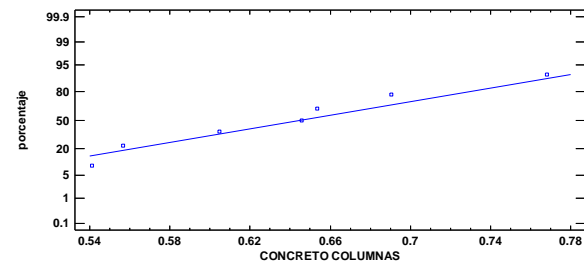


Gráfico de Probabilidad Normal



n:7
Mediana:0.6458
Sigma:0.099037
W:0.960566
P:0.8327

STATGRAPHICS: Análisis de una VariableDatos/Variable: **CONCRETO EN PLACAS** $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Recuento	15
Promedio	7.96671
Mediana	7.8049
Varianza	3.5944
Desviación Estándar	1.89589
Coefficiente de Variación	23.7976%
Mínimo	5.2146
Máximo	11.245
Rango	6.0304
Cuartil Inferior	6.4961
Cuartil Superior	9.1667
Sesgo Estandarizado	0.610515
Curtosis Estandarizada	-0.639752

Intervalos de confianza del 95.0% para la media: 7.96671 +/- 1.04991

[6.9168, 9.01662]

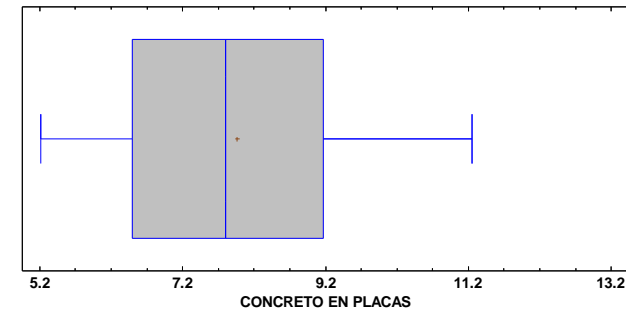
Intervalos de confianza del 95.0% para la desviación estándar: [1.38803, 2.99]

Chi-Cuadrada = 1.01111 con 2 g.l. Valor-P = 0.60317

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.134715
DMENOS	0.117166
DN	0.134715
Valor-P	0.948308

Gráfico de Caja y Bigotes



Histograma para CONCRETO EN PLACAS

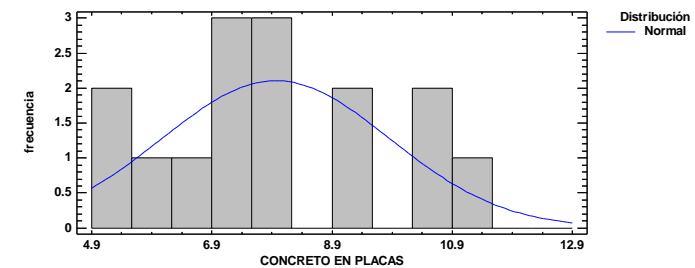
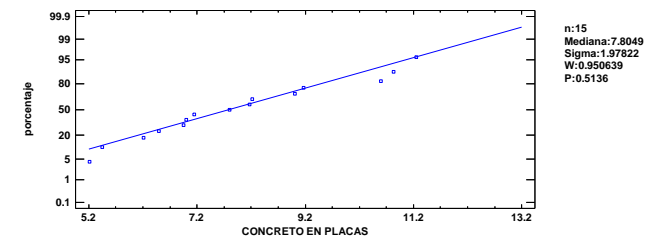


Gráfico de Probabilidad Normal



ANEXO 6: ANÁLISIS DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL

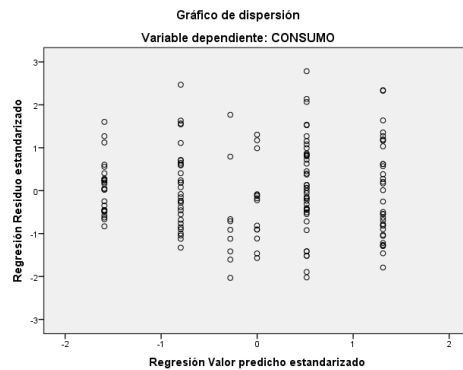
IBM SPSS Statistics 24: Regresión Múltiple

Variable dependiente: **CONSUMO MURO SOGA**

Variables independientes:

Dificultad
Habilidad

ANÁLISIS DE HOMOCEDASTICIDAD DE LA VARIANZA



Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

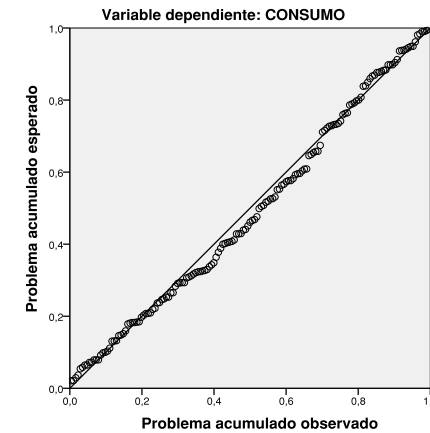
Variable dependiente: CONSUMO

F	df1	df2	Sig.
2,204	5	153	,057

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

ANÁLISIS RESIDUAL

Gráfico P-P normal de regresión Residuo estandarizado



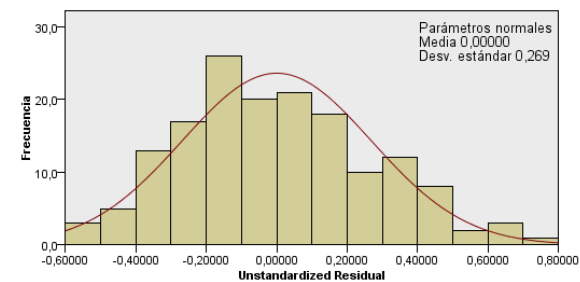
Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Unstandardized Residual es normal con la media 0,00000 y la desviación estándar 0,269.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,200 1,2	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

1.Lilliefors corregida

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra



ESTIMACIÓN DE PARAMETROS**Supuesto de independencia de errores****Resumen del modelo^b**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	,699 ^a	,489	,483	,2703367	1,512

a. Predictores: (Constante), Habilidad, Dificultad

b. Variable dependiente: CONSUMO

ANOVA^a

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	10,921	2	5,460	74,717	,000 ^b
	Residuo	11,401	156	,073		
	Total	22,322	158			

a. Variable dependiente: CONSUMO

b. Predictores: (Constante), Habilidad, Dificultad

Coeficientes^a

Modelo		B	Coeficientes no estandarizados Error estándar	Coeficientes estandarizados Beta	t	Sig.
1	(Constante)	11,091	1,104		10,047	,000
	Dificultad	-3,448	,455	-,458	-7,575	,000
	Habilidad	-11,149	1,673	-,403	-6,665	,000

a. Variable dependiente: CONSUMO

Supuesto de No multicolinealidad

Estadísticas de colinealidad	
Tolerancia	VIF
,898	1,114
,898	1,114

La ecuación del modelo ajustado es:

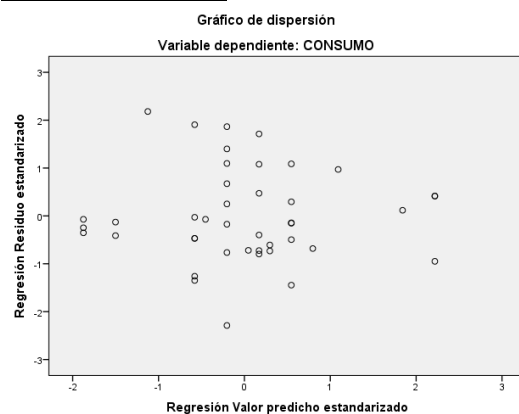
$$\text{CONSUMO} = 11.091 - 3.448 \cdot \text{Dificultad} - 11.149 \cdot \text{Habilidad}$$

IBM SPSS Statistics 24: Regresión MúltipleVariable dependiente: **ENCOFRADO EN COLUMNAS**

Variables independientes:

Dificultad

Conocimientos

ANÁLISIS DE HOMOCEDASTICIDAD DE LA VARIANZA**Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a**

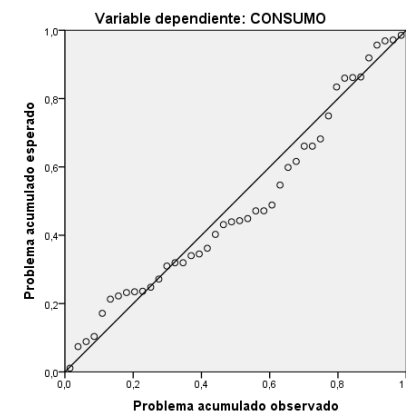
Variable dependiente: CONSUMO

F	df1	df2	Sig.
1,235	13	28	,308

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

ANÁLISIS RESIDUAL

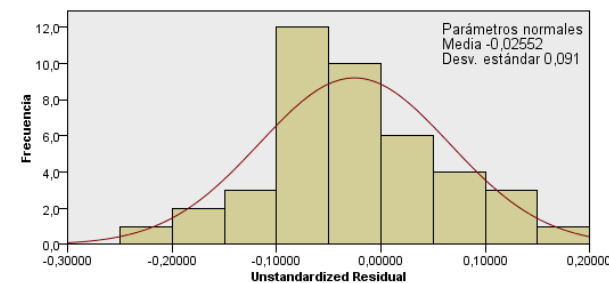
Gráfico P-P normal de regresión Residuo estandarizado

**Resumen de prueba de hipótesis**

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Unstandardized Residual es normal con la media -0,02552 y la desviación estándar 0,091.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	102,000 ¹	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

¹ Lilliefors corregida

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

ESTIMACIÓN DE PARAMETROS**Supuesto de independencia de errores****Resumen del modelo^b**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	,863 ^a	,744	,731	,09288	1,735

a. Predictores: (Constante), Conocimiento, Dificultad

b. Variable dependiente: CONSUMO

ANOVA^a

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	,980	2	,490	56,816	,000 ^b
	Residuo	,336	39	,009		
	Total	1,317	41			

a. Variable dependiente: CONSUMO

b. Predictores: (Constante), Conocimiento, Dificultad

Coefficientes^a

Modelo		Coefficientes no estandarizados	Error estándar	Coefficientes estandarizados	t	Sig.
1	(Constante)	4,714	,505		9,339	,000
	Dificultad	-2,585	,282	-,746	-9,161	,000
	Conocimiento	-3,093	,706	-,357	-4,378	,000

a. Variable dependiente: CONSUMO

Supuesto de No multicolinealidad

Estadísticas de colinealidad	
Tolerancia	VIF
,987	1,013
,987	1,013

La ecuación del modelo ajustado es:

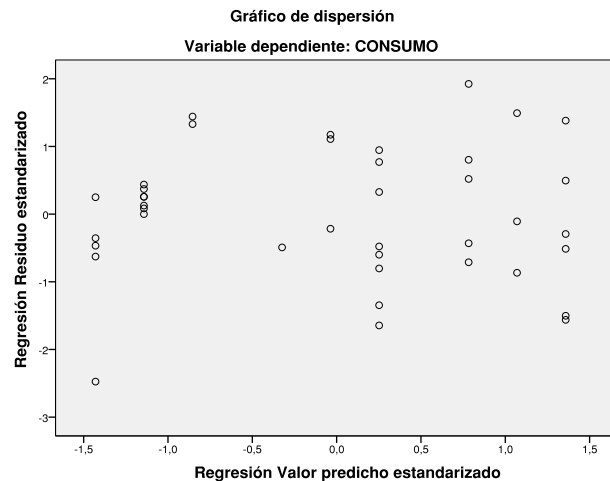
$$\text{CONSUMO} = 4.714 - 2.585 \cdot \text{Dificultad} - 3.093 \cdot \text{Conocimientos}$$

IBM SPSS Statistics 24: Regresión MúltipleVariable dependiente: **ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS (fondos)**

Variables independientes:

Conocimiento s

Seguimiento

ANÁLISIS DE HOMOCEDASTICIDAD DE LA VARIANZA**Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a**

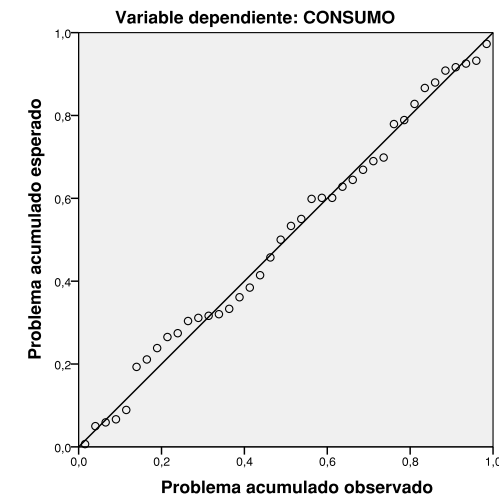
Variable dependiente: CONSUMO

F	df1	df2	Sig.
1,890	8	31	,098

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

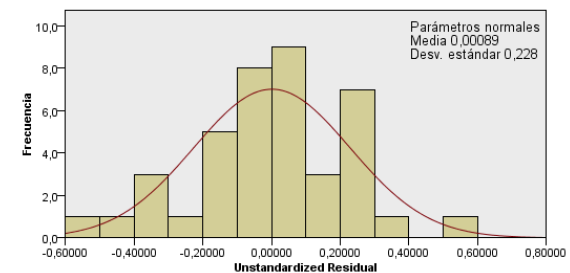
ANÁLISIS RESIDUAL

Gráfico P-P normal de regresión Residuo estandarizado

**Resumen de prueba de hipótesis**

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Unstandardized Residual es normal con la media 0,00089 y la desviación estándar 0,228.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,200 1,2	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

ESTIMACIÓN DE PARAMETROS

Supuesto de independencia de errores

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	,842 ^a	,708	,693	,2266093	1,479

a. Predictores: (Constante), Seguimiento, Conocimiento

b. Variable dependiente: CONSUMO

ANOVA^a

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	4,617	2	2,308	44,951	,000 ^b
	Residuo	1,900	37	,051		
	Total	6,517	39			

a. Variable dependiente: CONSUMO

b. Predictores: (Constante), Seguimiento, Conocimiento

Coefficientes^a

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar			
1	(Constante)	9,570	1,638		5,841	,000
	Conocimiento	-5,279	2,379	-,199	-2,219	,033
	Seguimiento	-6,090	,693	-,789	-8,790	,000

Estadísticas de colinealidad	
Tolerancia	VIF
,978	1,022
,978	1,022

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{CONSUMO} = 9.570 - 5.279 \cdot \text{Conocimientos} - 6.090 \cdot \text{Seguimiento}$$

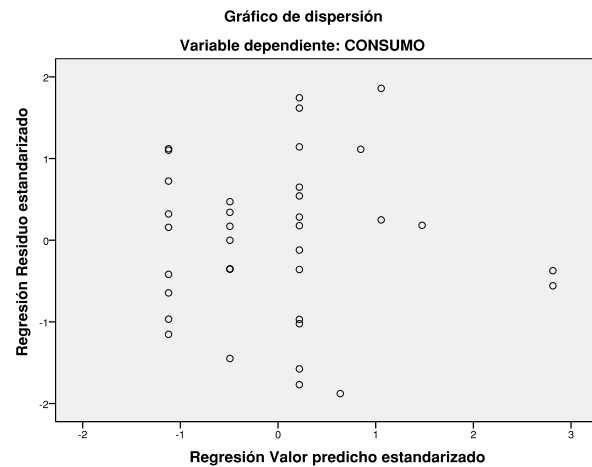
Supuesto de No multicolinealidad

IBM SPSS Statistics 24: Regresión MúltipleVariable dependiente: **ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS (tapas)**

Variables independientes:

Conocimiento s

Dificultad

ANÁLISIS DE HOMOCEDASTICIDAD DE LA VARIANZA**Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a**

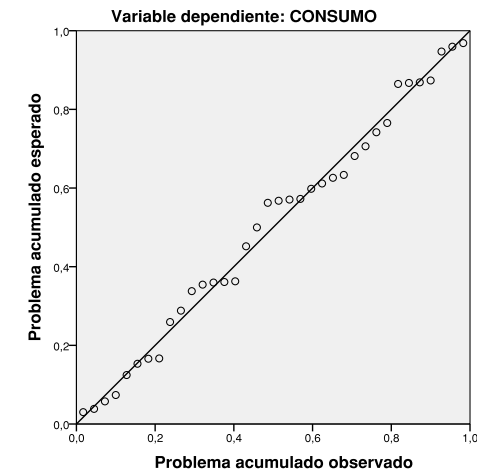
Variable dependiente: CONSUMO

F	df1	df2	Sig.
1,897	7	28	,108

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

ANÁLISIS RESIDUAL

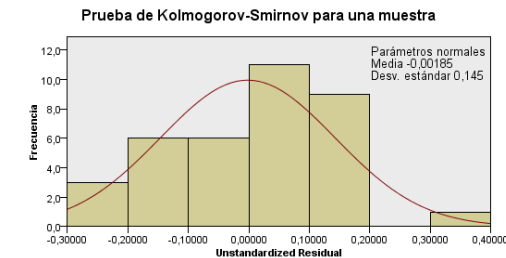
Gráfico P-P normal de regresión Residuo estandarizado

**Resumen de prueba de hipótesis**

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Unstandardized Residual es normal con la media -0,00185 y la desviación estándar 0,145.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	200,000 1	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

1Lilliefors corregida



ESTIMACIÓN DE PARAMETROS**Supuesto de independencia de errores****Resumen del modelo^b**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	,836 ^a	,700	,681	,1400814	1,864

a. Predictores: (Constante), Dificultad, Conocimiento

b. Variable dependiente: CONSUMO

ANOVA^a

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	1,508	2	,754	38,413	,000 ^b
	Residuo	,648	33	,020		
	Total	2,155	35			

a. Variable dependiente: CONSUMO

b. Predictores: (Constante), Dificultad, Conocimiento

Coefficientes^a

Modelo		Coefficientes no estandarizados	Error estándar	Coefficientes estandarizados	t	Sig.
1	(Constante)	7,726	1,333		5,797	,000
	Conocimiento	-6,955	1,959	-,351	-3,550	,001
	Dificultad	-2,780	,410	-,671	-6,776	,000

a. Variable dependiente: CONSUMO

Supuesto de No multicolinealidad

Estadísticas de colinealidad	
Tolerancia	VIF
,929	1,077
,929	1,077

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{CONSUMO} = 7.726 - 6.955 * \text{Conocimiento} - 2.78 * \text{Dificultad}$$

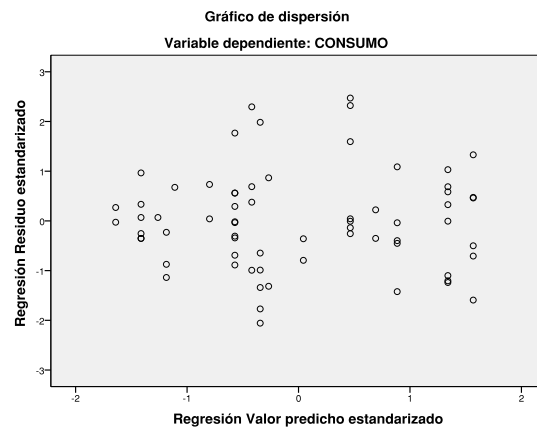
IBM SPSS Statistics 24: Regresión Múltiple

Variable dependiente: **ENCOFRADO NORMAL PARA LOSA ALIGERADA**

Variables independientes:

Conocimiento s

Seguimiento

ANÁLISIS DE HOMOCEDASTICIDAD DE LA VARIANZA**Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a**

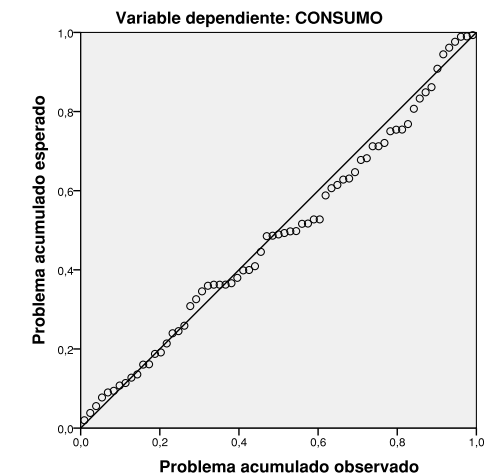
Variable dependiente: CONSUMO

F	df1	df2	Sig.
1,467	15	51	,154

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

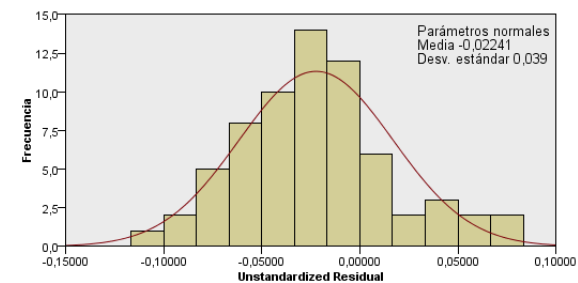
ANÁLISIS RESIDUAL

Gráfico P-P normal de regresión Residuo estandarizado

**Resumen de prueba de hipótesis**

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Unstandardized Residual es normal con la media -0,02241 y la desviación estándar 0,039.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,200 1,2	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

ESTIMACIÓN DE PARAMETROS**Supuesto de independencia de errores****Resumen del modelo^a**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	,879 ^a	,772	,765	,0393184	1,747

a. Predictores: (Constante), Seguimiento, Conocimiento

b. Variable dependiente: CONSUMO

ANOVA^a

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	,335	2	,168	108,460	,000 ^b
	Residuo	,099	64	,002		
	Total	,434	66			

a. Variable dependiente: CONSUMO

b. Predictores: (Constante), Seguimiento, Conocimiento

Coeficientes^a

Modelo		B	Coeficientes no estandarizados Error estándar	Coeficientes estandarizados Beta	t	Sig.
1	(Constante)	1,708	,199		8,588	,000
	Conocimiento	-,864	,292	-,182	-2,960	,004
	Seguimiento	-,960	,072	-,816	-13,266	,000

a. Variable dependiente: CONSUMO

Supuesto de No multicolinealidad

Estadísticas de colinealidad	
Tolerancia	VIF
,940	1,064
,940	1,064

La ecuación del modelo ajustado es:

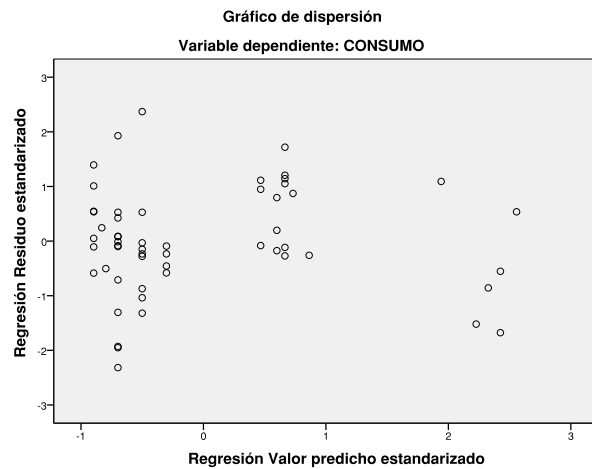
$$\text{CONSUMO} = 1.708 - 0.864 * \text{Conocimientos} - 0.960 * \text{Seguimiento}$$

IBM SPSS Statistics 24: Regresión MúltipleVariable dependiente: **ACERO EN VIGAS DE F'Y=4,200 KG/CM2**

Variables independientes:

Conocimientos

Seguimiento

ANÁLISIS DE HOMOCEDASTICIDAD DE LA VARIANZA**Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a**

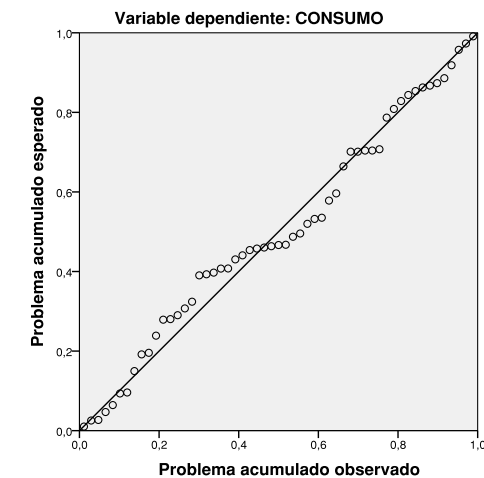
Variable dependiente: CONSUMO

F	df1	df2	Sig.
1,179	15	39	,327

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

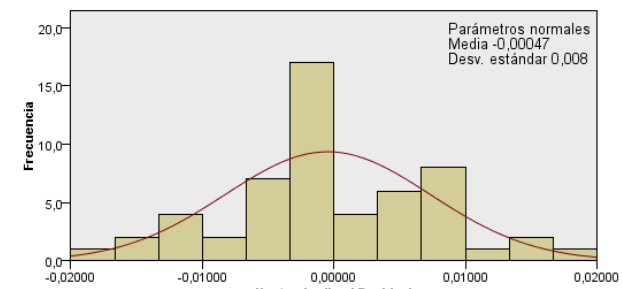
ANÁLISIS RESIDUAL

Gráfico P-P normal de regresión Residuo estandarizado

**Resumen de prueba de hipótesis**

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Unstandardized Residual es normal con la media -0,00047 y la desviación estándar 0,008.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,200 1,2	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

ESTIMACIÓN DE PARAMETROS**Supuesto de independencia de errores****Resumen del modelo^a**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	,677 ^a	,458	,438	,0079555	1,686

a. Predictores: (Constante), Seguimiento, Conocimiento

b. Variable dependiente: CONSUMO

ANOVA

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	,003	2	,001	22,010	,000 ^b
	Residuo	,003	52	,000		
	Total	,006	54			

a. Variable dependiente: CONSUMO

b. Predictores: (Constante), Seguimiento, Conocimiento

Coefficientes^a

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta			
1	(Constante)	,223	,031		7,261	,000
	Conocimiento	-,076	,029	-,280	-2,638	,011
	Seguimiento	-,179	,027	-,698	-6,577	,000

a. Variable dependiente: CONSUMO

Supuesto de No multicolinealidad

Estadísticas de colinealidad

Tolerancia	VIF
,925	1,081
,925	1,081

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{CONSUMO} = 0.223 - 0.076 * \text{Conocimiento} - 0.179 * \text{Seguimiento}$$

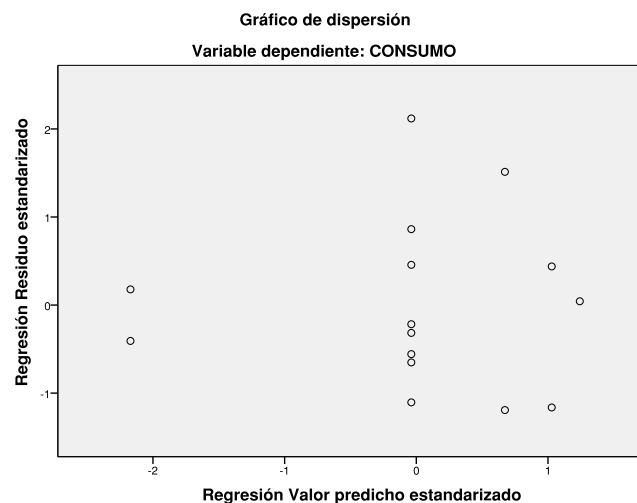
IBM SPSS Statistics 24: Regresión Simple - CONSUMO vs. Desempeño

Variable dependiente: **ACERO EN LOSAS ALIGERADAS DE F'Y=4,200 KG/CM²**

Variable independiente: Desempeño

Lineal: $Y = a + b \cdot X$

ANÁLISIS DE HOMOCEDASTICIDAD DE LA VARIANZA



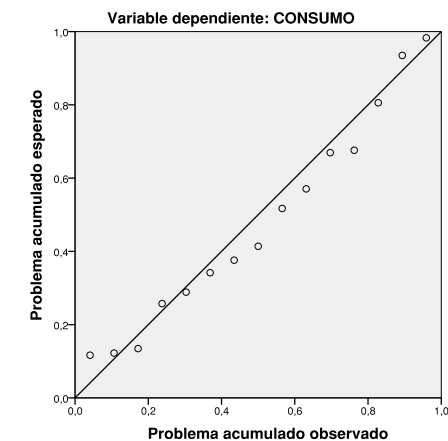
Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

Variable dependiente: CONSUMO

F	df1	df2	Sig.
1,863	4	10	,194

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

Gráfico P-P normal de regresión Residuo estandarizado



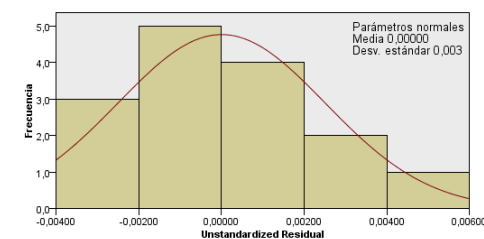
ANÁLISIS RESIDUAL

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Unstandardized Residual es normal con la media 0,00000 y la desviación estándar 0,003.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,200 1,2	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra



ESTIMACIÓN DE PARAMETROS

Supuesto de independencia de errores

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	,735 ^a	,540	,505	,0026053	1,077

a. Predictores: (Constante), Desempeño

b. Variable dependiente: CONSUMO

ANOVA^a

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	,000	1	,000	15,259	,002 ^b
	Residuo	,000	13	,000		
	Total	,000	14			

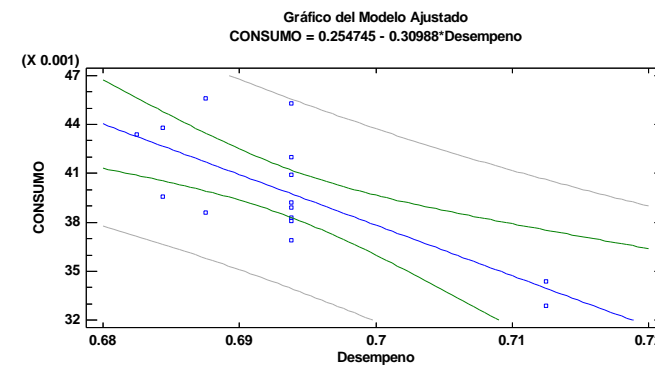
a. Variable dependiente: CONSUMO

b. Predictores: (Constante), Desempeño

Coefficientes^a

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		Sig.
		B	Error estándar	Beta	t	
1	(Constante)	,254	,055		4,632	,000
	Desempeño	-,309	,079	-,735	-3,906	,002

a. Variable dependiente: CONSUMO



La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{CONSUMO} = 0.254 - 0.309 \cdot \text{Desempeño}$$

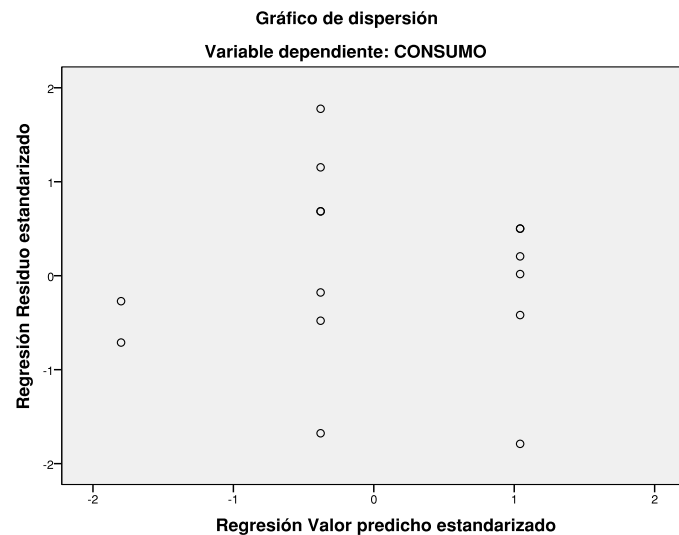
IBM SPSS Statistics 24: Regresión Simple - CONSUMO vs. Discontinuidad

Variable dependiente: **CONCRETO PREMEZCLADO $f'c=210$ kg/cm² - LOSA ALIGERADA Y VIGAS**

Variable independiente: Discontinuidad

Lineal: $Y = a + b \cdot X$

ANÁLISIS DE HOMOCEDASTICIDAD DE LA VARIANZA



Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

Variable dependiente: CONSUMO

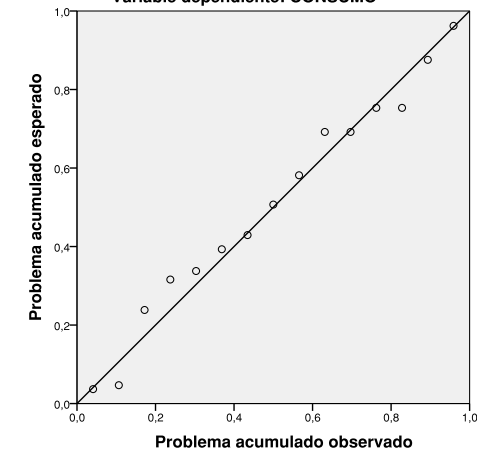
F	df1	df2	Sig.
1,330	2	12	,301

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

ANÁLISIS RESIDUAL

Gráfico P-P normal de regresión Residuo estandarizado

Variable dependiente: CONSUMO

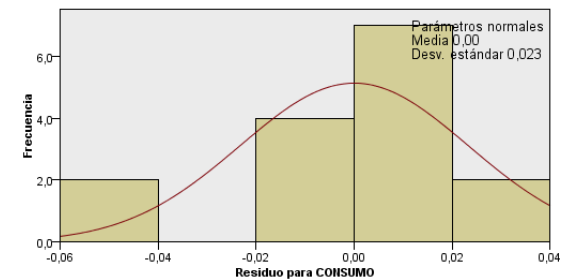


Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Residuo para CONSUMO es normal con la media 0,00 y la desviación estándar 0,023.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	,200 1,2	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra



ESTIMACIÓN DE PARAMETROS

Supuesto de independencia de errores

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	,754 ^a	,569	,536	,0254056	1,255

a. Predictores: (Constante), Discontinuidad

b. Variable dependiente: CONSUMO

ANOVA^a

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	,011	1	,011	17,140	,001 ^b
	Residuo	,008	13	,001		
	Total	,019	14			

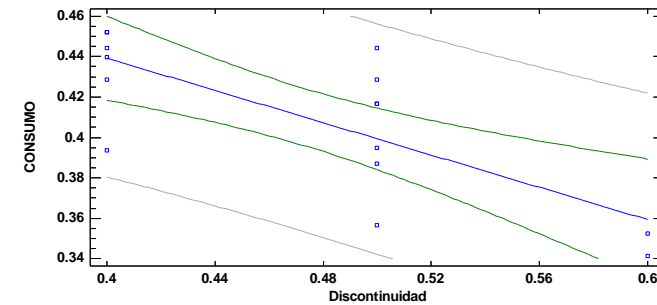
a. Variable dependiente: CONSUMO

b. Predictores: (Constante), Discontinuidad

Coefficientes^a

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		Sig.
		B	Error estándar	Beta	t	
1	(Constante)	,599	,046		12,983	,000
	Discontinuidad	-,399	,096	-,754	-4,140	,001

a. Variable dependiente: CONSUMO



La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{CONSUMO} = 0.599 - 0.399 \cdot \text{Discontinuidad}$$

ANEXO 7: MANUAL DEL SOWFARE PARA CÁLCULO DEL CONSUMO DE MANO DE OBRA EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN.

TESIS: "PROPUESTA DE MODELO DE REGRESION LINEAL CONSIDERANDO LA INFLUENCIA DE LOS FACTORES DE AFECTACION EN LOS RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA EN EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO CON SISTEMAS APORTICADOS O DUALES EN LA ZONA URBANA DE HUÁNUCO"

"RENDIMIENTOS Y CONSUMOS - HUANUCO"

ACTIVIDAD	CONSUMO:	RENDIMIENTO:
MURO DE SOGA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA	<input type="text"/> Hh / m2	<input type="text"/> m2 / día
ENCOFRADO EN COLUMNAS	<input type="text"/> Hh / m2	<input type="text"/> m2 / día
ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS (fondos)	<input type="text"/> Hh / m2	<input type="text"/> m2 / día
ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS (tapas)	<input type="text"/> Hh / m2	<input type="text"/> m2 / día
ENCOFRADO NORMAL PARA LOSA ALIGERADA	<input type="text"/> Hh / m2	<input type="text"/> m2 / día
ACERO EN VIGAS DE FY=4,200 KG/CM2	<input type="text"/> Hh / Kg	<input type="text"/> Kg / día
ACERO EN LOSAS ALIGERADAS DE FY=4,200 KG/CM2	<input type="text"/> Hh / Kg	<input type="text"/> Kg / día
CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 - LOSA ALIGERADA Y VIGAS	<input type="text"/> Hh / m3	<input type="text"/> m3 / día

Joseph Loarte
jgenixlp92@hotmail.com

Consideraciones para usar el programa:

- Hacer clic en los botones correspondiente a las Actividades que se desean evaluar, por ejemplo al hacer clic en la primera actividad se abre la siguiente ventana:

EVALUACION DE LOS FACTORES DE AFECTACIÓN

Dificultad

1 2 3 4 5

MUY DIFICIL DIFICIL NORMAL FÁCIL MUY FÁCIL

Habilidad

1 2 3 4 5

LERDO TORPE NORMAL HÁBIL EXPERTO

EVALUAR VOLVER

- Escoger los Niveles de los factores que se creen convenientes según las condiciones que se estiman se van a presentar. (Clic en el botón "Dificultad", sale un mensaje, clic en aceptar y luego escoger los valores que se desea)

EVALUACION DE LOS FACTORES DE AFECTACIÓN

Dificultad

1 2 3 4 5

MUY DIFÍCIL DIFÍCIL NORMAL FÁCIL MUY FÁCIL

Habilidad

1 2 3 4 5

LERDO TORPE NORMAL HÁBIL EXPERTO

EVALUAR VOLVER

Luego clic en **EVALUAR** y seguidamente clic en **VOLVER**, y se obtiene los consumos y rendimientos como se observa:

TESIS: "PROPUESTA DE MODELO DE REGRESION LINEAL CONSIDERANDO LA INFLUENCIA DE LOS FACTORES DE AFECTACION EN LOS RENDIMIENTOS Y CONSUMOS DE MANO DE OBRA EN EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO CON SISTEMAS APORTICADOS O DUALES EN LA ZONA URBANA DE HUÁNUCO"

"RENDIMIENTOS Y CONSUMOS - HUANUCO"

ACTIVIDAD	CONSUMO:	RENDIMIENTO:
MURO DE SOGA LADRILLO KK 18H DE ARCILLA	0.7337 Hh / m2	16.354 m2 / día
ENCOFRADO EN COLUMNAS		
ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS (fondos)		
ENCOFRADO NORMAL PARA VIGAS (tapas)		
ENCOFRADO NORMAL PARA LOSA ALIGERADA		
ACERO EN VIGAS DE FY=4,200 KG/CM2		
ACERO EN LOSAS ALIGERADAS DE FY=4,200 KG/CM2		
CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 - LOSA ALIGERADA Y VIGAS		

Joseph Loarte
jgenixlp92@hotmail.com

- **RECOMENDACIONES DE ELECCIÓN DE FACTORES:**

1. En Muros de Soga:

De menos de 2 m de longitud: Escoger 1(Muy Difícil)

De 2 a 4 m de longitud: Escoger 2 o 3 (Difícil o Normal)

De más de 4m de longitud: Escoger 4 (Fácil)

Nota: en esta investigación no se consideran calificaciones de "5" para DIFICULTAD, HABILIDAD Y DESEMPEÑO"

2. En Muros Soga: Personas Hábiles llegan a más de 400 ladrillos por Día.

3. A mayor altura de entepiso, mayor dificultad.

4. Los conocimientos pueden mejorar con capacitaciones y charlas en obra.

5. Un seguimiento parcial mejora considerablemente el Rendimiento.

6. Un obrero animado y motivado rinde mucho más.

7. En vaciados con concreto premezclado se observa que a mayor tiempo en espera menor rendimiento.