

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,**  
**ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**MECÁNICA ELÉCTRICA**



**“ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA  
SUB ESTACIÓN ELÉCTRICA DE TRANSFORMACIÓN  
60/22.9/10 kV. CARACOTO”**

**TESIS  
PRESENTADA POR:**

**JOSÉ PAÚL PORTOCARRERO PRADO  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA**

**PUNO - PERÚ  
2008**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,**  
**ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**“ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN  
 ELÉCTRICA DE TRANSFORMACIÓN 60/22.9/10 KV. CARACOTO”**

TESIS PRESENTADA POR:

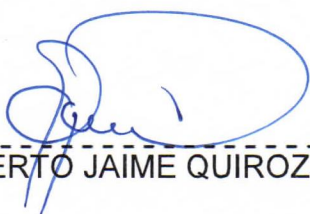


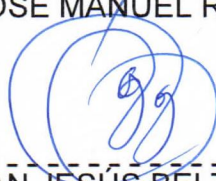

**JOSÉ PAÚL PORTOCARRERO PRADO**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA**



APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

- PRESIDENTE :   
 -----  
 M.Sc. ROBERTO JAIME QUIROZ SOSA
  
- PRIMER MIEMBRO :   
 -----  
 M.Sc. WALTER OSWALDO PAREDES PAREJA
  
- SEGUNDO MIEMBRO :   
 -----  
 M.Sc. JOSÉ MANUEL RAMOS CUTIPA
  
- DIRECTOR DE TESIS :   
 -----  
 Dr. NORMAN JESÚS BELTRÁN CASTAÑÓN
  
- ASESOR DE TESIS :   
 -----  
 ING. VÍCTOR RAÚL RAMOS GÓMEZ

Área : Eléctrica  
 Tema : Subestación de Potencia

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 24 DE SETIEMBRE DEL 2008

## DEDICATORIAS

A mis amados padres, Pepe y Polyta, por su enorme esfuerzo para que nos faltase nada, además de darnos el mejor ejemplo personal y académico a seguir, y mucho más.

A mis hermanos Jim, Harnold, Gloria y Marita, con quienes siempre puedo contar y me apoyaron para la culminación de esta Carrera Profesional.

Dedicado a mis queridos sobrinos: Dieguito, Rafita y Larisita, como pequeño ejemplo académico.

Dedicado con mucho cariño para Crissita, mi amiga, mi buena amiga, mi amante niña, mi compañera.

## AGRADECIMIENTOS

Estas líneas son para agradecer a Dios, que mediante la Universidad Nacional del Altiplano y la Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, propicie y motive liberar las mentes juveniles en busca de más conocimientos, para ponerlos al servicio de la sociedad aportando a mejores estatus de vida humana.

Agradecer a Dios, porque pese a las limitaciones propias del ser humano, permita la comprensión entre docentes y estudiantes, para que los conocimientos puedan ser transmitidos y puestos en práctica para servir mejor a nuestro Creador.

Los seres humanos también esperan un agradecimiento por el esfuerzo que despliegan cotidianamente para lograr propósitos, de enseñanza de parte de los docentes, y de aprendizaje de parte de los estudiantes, por ello este agradecimiento personal lo hago por siempre in corde, como alumno de la carrera que profesaré, gracias a la formación que me impartieron, así como también a todos los que directa o indirectamente dieron parte de tiempo sus vida, en mi formación y en la culminación de mis anhelos de estudiante, a quienes en tal virtud en adelante dedicaré con honor las labores que como profesional me correspondan desempeñar en nuestra sociedad, pidiendo al altísimo, que les depare lo mejor que tiene reservado para ellos.

José Paúl Portocarrero Prado.



**INDICE GENERAL**

<b>Dedicatorias</b>	<b>3</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>4</b>
<b>Indice General</b>	<b>5</b>
<b>Indice de Tablas</b>	<b>7</b>
<b>Indice de Anexos</b>	<b>8</b>
<b>Resumen</b>	<b>11</b>
<b>Palabras Clave (Key Words)</b>	<b>12</b>
<b>Abstract</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>14</b>
1.1. Introducción	14
1.2. Planteamiento del Problema de Investigación	15
1.3. Formulacion del Problema	16
1.4. Hipotesis de la Investigación	17
1.5. Justificación del Estudio.	17
1.6. Objetivos de la Investigación	19
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>20</b>
2.1. Revision de Literatura	20
2.2. Marco Teórico	21
2.3. Marco Conceptual	24
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>26</b>
3.1. Materiales y Metodos	26
3.2. Ubicación Geografica del Estudio	28
3.3. Periodo de Duración del Estudio	29
3.4. Procedencia del Material Utilizado	30
3.5. Población y Muestra del Estudio	30
3.6. Diseño Estadistico	30
3.7. Procedimiento	31
3.8. Variables	31
3.9. Analisis de Resultados	33
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>36</b>
Resultados y Discusión	36
4.1. Resultados	36

4.2. Discusion	42
Conclusiones	44
5.1. Conclusiones del Objetivo General	44
5.2. Conclusiones del Objetivo Específico	45
Recomendaciones	46
Referencias Bibliograficas	47
<b>ANEXO 1</b>	<b>49</b>
<b>Memoria Descriptiva</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO 2</b>	<b>80</b>
<b>Especificaciones Técnicas de Suministro de Materiales</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO 3</b>	<b>262</b>
<b>ANEXO 3A</b>	<b>262</b>
<b>Especificaciones Tecnicas de Montaje Electromecanico</b>	<b>262</b>
<b>ANEXO 3B</b>	<b>322</b>
<b>Especificaciones Técnicas de Suministro Equipamiento Scada</b>	<b>322</b>
<b>ANEXO 3C</b>	<b>338</b>
<b>Especificaciones Técnicas Suministro</b>	<b>338</b>
<b>ANEXO 4</b>	<b>372</b>
<b>Especificaciones Tecnicas Obras Civiles</b>	<b>372</b>
<b>ANEXO 5</b>	<b>470</b>
<b>Metrado Valor Referencial Y Costos Unitarios</b>	<b>470</b>
<b>ANEXO 6</b>	<b>524</b>
<b>Planos, Detalles Y Diagramas</b>	<b>524</b>
<b>ANEXO 7</b>	<b>536</b>
<b>Calculos Justificativos</b>	<b>536</b>
<b>ANEXO 8</b>	<b>654</b>
<b>Cronograma de Ejecución de Obra</b>	<b>654</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA 3.1.</b> Coordenadas UTM WGS84 Ubicación Geográfica del Estudio	<b>28</b>
<b>TABLA 3.2.</b> Operacionalización de Variables Hipótesis General	<b>32</b>
<b>TABLA 3.3.</b> Operacionalización de Variables Hipótesis Específica	<b>33</b>
<b>TABLA 4.1.</b> Comparación de Características del Sistema	<b>41</b>

## INDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1</b>	<b>49</b>
<b>MEMORIA DESCRIPTIVA</b>	<b>49</b>
1. OBJETIVO .....	51
2. ALCANCES .....	51
3. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DEL PROYECTO .....	52
4. MERCADO ELÉCTRICO .....	53
5. ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	55
6. RESULTADOS .....	59
7. ANÁLISIS DE CORTOCIRCUITO .....	59
8. INGENIERÍA DEL PROYECTO DE LAS SUBESTACIONES .....	60
9. INGENIERÍA DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES .....	71
10. OBRAS CIVILES DE SUBESTACIONES .....	73
11. COSTOS DE INVERSIÓN .....	76
12. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.....	78
<b>ANEXO 2</b>	<b>80</b>
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SUMINISTRO DE MATERIALES</b>	<b>80</b>
1. ESPECIFICACIONES GENERALES .....	82
2. TRANSFORMADOR DE POTENCIA .....	94
3. INTERRUPTOR DE POTENCIA.....	122
4. SECCIONADORES .....	137
5. TRANSFORMADORES DE TENSION .....	151
6. TRANSFORMADORES DE CORRIENTE .....	161
7. PARARRAYOS.....	170
8. BARRAS Y CONEXIONES DE ALTA TENSION .....	177
9. EQUIPOS DE CORRIENTE CONTINUA.....	182
10. INTERRUPTOR AUTOMATICO DE RECIERRE – RECLOSER .....	194
11. TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES .....	206
12. TABLEROS DE SERVICIOS AUXILIARES .....	214
13. SECCIONADORES FUSIBLES .....	226
14. CABLES DE BAJA TENSION .....	231
15. SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	236

16. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA .....	244
17. ESTRUCTURAS METÁLICAS.....	250
18. EQUIPOS CONTRA INCENDIOS .....	258
<b>ANEXO 3</b>	<b>262</b>
<b>ANEXO 3A</b>	<b>262</b>
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS DE MONTAJE ELECTROMECHANICO</b>	<b>262</b>
1. ACTIVIDAD Y TRABAJOS PRELIMINARES.....	264
2. MONTAJE DE EQUIPOS .....	277
3. INSPECCIÓN Y PRUEBAS DE ACEPTACIÓN DE SUBESTACIONES	311
<b>ANEXO 3B</b>	<b>322</b>
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SUMINIS EQUIPAMIENTO SCADA</b>	<b>322</b>
1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SUMINISTRO SCADA.....	324
2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MONTAJE SCADA .....	330
<b>ANEXO 3C</b>	<b>338</b>
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SUMINISTRO</b>	<b>338</b>
1. OBJETIVO .....	340
2. NORMAS APLICABLES .....	340
3. CONCEPCIÓN DE LOS SISTEMAS .....	340
4. ESPECIFICACIONES DE LOS SUMINISTROS.....	341
5. PRUEBAS EN FÁBRICA .....	362
6. PRUEBAS EN SITU .....	363
7. PLANOS, DIAGRAMAS Y MANUALES.....	363
8. EMBALAJE .....	364
<b>ANEXO 4</b>	<b>372</b>
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS OBRAS CIVILES</b>	<b>372</b>
1. DISPOSICIONES GENERALES.....	374
2. ACTIVIDADES PRELIMINARES .....	376
3. MOVIMIENTO DE TIERRAS .....	383
4. RELLENOS.....	390
5. TRABAJOS DE CONCRETO EN SUPERFICIE .....	392
6. ENCOFRADOS .....	410
7. ACERO DE REFUERZO .....	412
8. EDIFICIO DE CONTROL - ESTRUCTURAS.....	416
9. EDIFICIO DE CONTROL – ARQUITECTURA.....	424

10. INSTALACIONES SANITARIAS Y DRENAJE .....	433
11. CARPINTERÍA.....	438
12. VÍAS DE ACCESO INTERNAS Y EXTERNAS.....	443
13. MISCELANEOS.....	452
14. MEDICIÓN Y PAGO DE OBRAS CIVILES .....	454
<b>ANEXO 5</b>	<b>470</b>
<b>METRADO VALOR REFERENCIAL Y COSTOS UNITARIOS</b>	<b>470</b>
1. RESUMEN.....	471
2. METRADO Y VALOR REFERENCIAL EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO.....	473
3. METRADO Y VALOR REFERENCIAL OBRAS CIVILES .....	477
4. COSTOS UNITARIOS EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO.....	482
5. COSTOS UNITARIOS OBRAS CIVILES .....	502
<b>ANEXO 6</b>	<b>524</b>
<b>PLANOS, DETALLES Y DIAGRAMAS</b>	<b>524</b>
<b>ANEXO 7</b>	<b>536</b>
<b>CALCULOS JUSTIFICATIVOS</b>	<b>536</b>
1. CARACTERISTICAS DEL AREA DEL PROYECTO .....	538
2. CRITERIOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES .....	539
3. DETERMINACIÓN DE LAS DISTANCIAS ELÉCTRICAS EN SUBESTACIONES .....	550
4. PUESTA A TIERRA.....	560
5. TENSIONES DE PASO Y DE CONTACTO PERMISIBLES .....	584
6. DISEÑO DE MALLA A TIERRA.....	585
7. CALCULO DE ESTRUCTURAS .....	594
ANALISIS DE FLUJO DE POTENCIA .....	642
ANALISIS DE CORTO CIRCUITO.....	649
<b>ANEXO 8</b>	<b>654</b>
<b>CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA</b>	<b>654</b>



## RESUMEN

El presente, se realizó en la ciudad Caracoto, Fábrica de Cemento Sur, provincia San Román, departamento Puno, año 2008; con el **objetivo general** de desarrollar el estudio definitivo de una subestación eléctrica de transformación 60/22.9/10 kV., que permitirá disponer de un mayor flujo de potencia a la fábrica citada, atendiendo el crecimiento de su demanda y del pequeño sistema eléctrico Caracoto – Capachica, parque industrial Juliaca y zonas aledañas, **objetivo específico**, comparación cualitativa del funcionamiento de sistemas de protección, medición, mando y maniobra eléctrico convencional, versus SCADA, concluyendo la superioridad del SCADA sobre el sistema convencional, en cuanto a mando remoto, reposición inmediata, registro de datos y eventos entre otros. Como **resultado del objetivo general**: se definió y especifico el suministro **1)** transformador de potencia de tres devanados, con potencia nominal de 16/15/4 MVA ONAN, 20/18.75/5 MVA ONAF.: pararrayos, transformadores de tensión y corriente, interruptores de potencia, seccionadores de línea y de barra, tableros de: protección, medición, SCADA, servicios auxiliares y regulación automática; equipos de corriente continua, sistema puesta a tierra, mampostería y misceláneos. **2)** definición de especificaciones de montaje de transformadores de potencia; Equipos, accesorios, implementación del SAD, Especificaciones para inspección y pruebas, **3)** Especificaciones técnicas de obras civiles, **4)** metrado y presupuesto a costos unitarios, cuyo valor referencial es de S/. 5'179,829.82; **5)** planos: ubicación, disposición de equipos, secciones, red de tierra profunda, casa de control; Diagramas: unifilar, protecciones, servicios auxiliares, equipamiento SCADA; **6)** Cálculos justificativos **7)** Cronograma de ejecución de obra.

## PALABRAS CLAVE (KEY WORDS)

<b>NEPLAN,</b>	Software herramienta para análisis, planeamiento, optimización y operación de redes eléctricas, de agua, gas y calefacción. que es de uso exclusivo para planeamiento y optimización de redes eléctricas; enlazado en datos al software RISA 3D.
<b>RTU MODEM,</b>	equipo controlador de celdas, procesador de comunicaciones y medidores de multifunción.
<b>SCADA,</b>	Acrónimo de Supervisor y Control And Data Acquisitions (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un concepto que se emplea para realizar un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia.
<b>SET</b>	Subestación Eléctrica de Transformación
<b>MVA</b>	Mega Volt Amper como unidad de potencia
<b>SSEE</b>	Subestación Eléctrica de Potencia
<b>DIGSILENT</b>	Software para el Análisis de flujo de potencia, Análisis de Corto circuito, y otros requeridos inmersos
<b>SSAA</b>	Servicios Auxiliares eléctricos en una Subestación
<b>TC</b>	Transformador de Corriente
<b>TP</b>	Transformador de Tensión

## ABSTRACT

This was held in the city Caracoto, Cement Factory, Province of San Roman, Department Puno, year 2008; with the general objective of developing the definitive study of an electric substation of 60/22.9/10 kV transformation, allowing a greater flow of power to the factory, in response to the growth of demand and the small electrical system Caracoto - Capachica, Juliaca's airport industrial park and surrounding areas, specific objective, qualitative comparison of the functioning of systems of protection, measurement, control and handling conventional electric, versus SCADA, concluding the superiority of the SCADA on the conventional system, in terms of immediate replacement remote control, data logging, and events among others. As a result of the general objective: to be defined and specified the supply 1) power transformer three windings, with nominal power of 16/15/4 MVA ONAN, 20/18.75/5 MVA ONAF.: arresters, voltage and current transformers, circuit breakers, disconnectors and bar, bulletin boards: protection, measurement, SCADA, auxiliary services and automatic; equipment, grounding system, masonry and miscellaneous. 2) definition of mounting specifications of power transformers; Equipment, Accessories, implementation of ODS, specifications for inspection and testing, 3) Technical Specifications for civil works, 4) metrado and budget costs, whose reference value is S/. 5'179,829.82; 5) levels: location, provision of equipment, sections, a network of deep earth, home of control; Diagrams: unifilar, guards, auxiliary services, equipment SCADA; 6) Supporting Calculations 7) Schedule of execution of work.

## CAPÍTULO I

### 1.1. INTRODUCCIÓN

La presente está enmarcada en el Reglamento de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Electrónica y Sistemas, de la UNA Puno, área de Energía y medio ambiente, línea de investigación Diseño de proyectos Energéticos.

Una de las empresas más importantes de la región Puno es, CESUR S.A. Cemento Sur Sociedad Anónima Empresa industrial dedicada a la fabricación de cemento Portland, incluida la extracción y molienda de minerales metálicos y no metálicos, la preparación de conglomerado de albañilería y concreto premezclado, así como la realización de actividades mineras y comerciales vinculadas a dicho objeto, incluyendo la comercialización interna y externa de su producción; dicha empresa, a la fecha pretende expandir su mercado de acción, por el efecto de la globalización, por lo tanto requiere una mayor inversión en energía para el funcionamiento de la expansión de su planta, razón por la que ha llevado a cabo estudios alternativos a nivel de pre factibilidad para la solución de su problema llegando a la conclusión de requerir un estudio definitivo de una Subestación Eléctrica de Transformación en 60 / 22.9 / 10 kV. y de 20/18.75/5 MVA, que se instalara en las cercanías de Caracoto San Román Puno Perú, así mismo para satisfacer los requerimientos sociales de las zonas aledañas; Todo lo cual da lugar a la necesidad de llevar a cabo un estudio definitivo para las necesidades indicadas. En consecuencia, al conocer esta realidad se ha participado en el concurso correspondiente presentando el proyecto materia de la presente investigación, cuya hipótesis es considerar que una Subestación Eléctrica de Transformación 60/22.9/10 KV. en Caracoto que permitirá disponer de un mayor y confiable flujo de potencia eléctrica al existente para la ampliación de la fábrica de Cemento Sur S.A. y zonas aledaña; que, de demostrarse positiva o negativamente, dará

lugar al sustento de la presente investigación. Por tanto, el **objetivo general** es el estudio definitivo de subestación eléctrica de transformación 60/22.9/10 kV, que permite disponer de mayor y confiable flujo de potencia a la fábrica citada, atender el crecimiento de demanda del pequeño sistema eléctrico Caracoto Capachica, parque industrial Juliaca y zonas aledañas, y el **objetivo específico**, comparación cualitativa del funcionamiento de sistemas de control eléctrico convencional, versus SCADA. La formulación del problema surge al responder la siguiente interrogante:

**¿Están satisfechas las demandas energéticas de la fábrica de Cemento Sur S.A. Caracoto?**

Las recientes demandas crecientes de la fábrica de Cemento Sur S.A. debido a las nuevas ampliaciones de planta proyectadas que se consolidaran en nuevas líneas de producción, requieren de un mayor flujo de potencia eléctrica disponible, puesto que en la actualidad el suministro de energía eléctrica hacia la fábrica de Cemento Sur S.A. se encuentra limitado por la Línea de Transmisión en 22.9 kV. y Subestación de Potencia fuente utilizada, insuficientemente 7.2 MVA.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. Descripción del Sistema Eléctrico existente**

Las instalaciones involucradas en el proyecto fueron las pertenecientes a los sistemas eléctricos de: 22.9 kV. de la fábrica CESUR S.A.; del pequeño sistema eléctrico Capachica; 10 kV. del Parque Industrial, y zona sur de la ciudad de Juliaca (Caracoto).

#### **a) Sistema Eléctrico Capachica**

Este sistema eléctrico con un punto de inyección de potencia a partir de la subestación elevadora 10/22.9 kV de Caracoto y a través de la línea

primaria 22.9 kV Caracoto - Capachica.

**b) Sistema Eléctrico CESUR S.A.**

Este sistema eléctrico cuenta con un solo punto de inyección de potencia en 10 kV Alimentador 09 de la Subestación Taparachi RED de Energía del Perú; 10/22.9kV Elevador Electro Puno Subestación Taparachi y que con la implementación de este proyecto será alimentado de la SET 60/22.9/10 en Caracoto.

**c) Sistema Eléctrico Parque Industrial y Zona Franca**

En la actualidad el creciente parque industrial tiene suministro de energía mediante el alimentador 05 de la Subestación de Taparachi RED de Energía del Perú, carga actual que se prevé transferir a la nueva SET 60/22.9/10 en Caracoto. Así como la futura carga eléctrica que representara la futura zona franca proyectada.

### 1.3. FORMULACION DEL PROBLEMA

**¿Están satisfechas las demandas energéticas de la fábrica de Cemento Sur S.A. Caracoto?**

Las recientes demandas crecientes de la fábrica de Cemento Sur S.A. debido a las nuevas ampliaciones de planta proyectadas que se consolidaran en nuevas líneas de producción requieren de un mayor flujo de potencia eléctrica disponible, puesto que en la actualidad el suministro de energía eléctrica hacia la fábrica de Cemento Sur S.A. se encuentra limitado por la Línea de Transmisión en 22.9 kV. y Subestación de Potencia fuente (elevador) utilizada insuficiente de 7.2 MVA.

Se debe considerar además que por criterio de descentralización eléctrica y normatividad vigente es recomendable que la zona periférica sur de la ciudad de Juliaca cuente con una nueva fuente de energía en



alta tensión a fin de disminuir el nivel de fallas e interrupciones eléctricas consecuentemente en media tensión.

### **1.3.1. Problema general**

De lo antedicho el mercado eléctrico de oferta de energía y proyección de demanda de la misma se encuentra insatisfecha, el mismo que se resuelve inicialmente con el estudio para la implementación de una sub estación eléctrica de transformación Caracoto 60/22.9/10 kV. 20/18.75/5 MVA, planteado en el presente, resolviéndose finalmente este, con la ejecución del mismo.

## **1.4. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Hipótesis general.**

Una nueva subestación de potencia en 60 / 22.9 /10 kV, en Caracoto, Podrá brindar un mayor flujo de potencia a la fábrica de cemento sur y zonas aledañas circundantes a la misma.

### **1.4.2. Hipótesis específica**

En el Estudio para la implementación de una subestación eléctrica de transformación 60/22.9/10 kV. en Caracoto., el sistema SCADA tiene mayor precisión en medición de Voltaje, Amperaje, y Frecuencia y es más confiable que el sistema tradicional de medición

## **1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.**

### **1.5.1. Por qué del estudio materia del presente.**

Las razones por las que se lleva a cabo el presente están determinadas por necesidad de satisfacer las mayores exigencias energéticas de utilización de la fábrica Cemento Sur S.A., que consecuentemente con el uso del cemento, se traduce en la necesidad social que tiene del departamento de Puno, para la indispensable ejecución de obras de vivienda, obras civiles, y muchas otras que requieren de este

irreemplazable y creciente en demanda, material de construcción.

Así mismo la demanda social de contar con energía eléctrica descentralizada en el extremo Sur de Juliaca, como periferia de la misma, obliga a contar con una subestación eléctrica con requerimientos específicos y equipo moderno como el SCADA, lo cual se logra haciendo en primera instancia el estudio para la implementación de una subestación eléctrica de transformación 60/22.9/10 kV. en Caracoto.

### **1.5.2. Para qué del estudio materia del presente**

El presente estudio se realiza como paso previo para la ejecución de la implementación de la sub estación señalada, estudio sin el cual no es procedente dicha ejecución, dado que en él se determinan las características técnicas indispensables de la obra eléctrica a realizar, y que da como resultado el expediente técnico a nivel definitivo de obra.

### **1.5.3. A quienes beneficia este estudio.**

La ejecución del presente beneficiará la producción de la Fábrica de Cemento, y mediante ella socialmente a la población usuaria de este indispensable material de construcción como es el cemento de construcción; así mismo la cobertura de necesidades crecientes de demanda energética de las zonas circundantes a la fábrica (alimentador 12 zona industrial y Capachica), zona sur de Juliaca ciudad.

### **1.5.4. Lo novedoso de la investigación**

Lo novedoso del presente consiste que en el presente estudio se utilizará por vez primera en Electro Puno S.A.A., el sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) en una subestación de potencia, para generar un antecedente técnico de importancia.

## 1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.6.1. El objetivo general

Desarrollar el estudio definitivo de subestación eléctrica de transformación 60/22.9/10 kV, 20/18.75/5 MVA, que permite disponer de mayor flujo de potencia a la fábrica citada, atender el crecimiento de demanda del pequeño sistema eléctrico Caracoto Capachica, parque industrial Juliaca y zonas aledañas.

### 1.6.2. El objetivo específico.

Realizar la comparación cualitativa del funcionamiento de los sistemas de control eléctrico convencional, versus SCADA.

## CAPÍTULO II

### 2.1. REVISION DE LITERATURA

#### 2.1.1. Antecedentes de investigación

Al no existir Especificaciones precisas para la elaboración de memorias descriptivas para subestaciones eléctricas de transformación de potencia, se ha recurrido a lo señalado por:

En el 2007 Electro Puno, señala una plantilla de contenidos de la memoria, en la que incluye: Descripción del proyecto; cuadro de cargas y especificación de cargas especiales; financiamiento y rentabilidad registro topográfico del punto de entrega; calificación eléctrica.

Por su parte en el 2004 Fernández indica que la memoria descriptiva para su proyecto en Tarragona contiene: Descripción de la subestación, características de la subestación, obra civil, lado 25 KV., lado 20 kV., transformador de potencia, tomas de tierra, batería de condensadores, foso de recogida de aceite, baterías acumuladores, varios, medidas de seguridad y conclusión, cada una descrita para el caso.

En el 2003 PRICONSA, utiliza el siguiente esquema: objetivo, alcances, características del área del proyecto, mercado eléctrico, análisis del sistema eléctrico, resultados, análisis de cortocircuito, ingeniería del proyecto de las subestaciones, ingeniería del sistema de comunicaciones, ingeniería de proyecto: obras civiles de subestaciones, costos de inversión, cronograma de ejecución.

## 2.2. MARCO TEÓRICO

### 2.2.1. Sustento teórico

#### A) El sustento formal

El sustento formal del presente es el Reglamento de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica Electrónica y Sistemas de la Universidad Nacional del Altiplano Puno Perú. Artículos 13 y pertinentes.

#### B) El sustento teórico y legal de instalaciones de media a alta tensión

Está regulada en el 2006 por el CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS DEL PERÚ – DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD, razón por la cual se citan además otras normas, las cuales por su volumen se encuentran en el anexo de la presente.

#### C) Especificaciones Técnicas de Montaje

##### a. Montaje Electromecánico

La Resolución Directoral 021 diciembre 2003, de la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas del Perú, Especificaciones técnicas de montaje electromecánico de sub estaciones para electrificación rural, establece las normas a seguir el montaje electromecánico de sub estaciones.

##### b. Suministro y Montaje Equipamiento SCADA

ICCE en 0el 2004, considera en su estudio para suministro: tablero de automatización, tablero de comunicaciones, equipo controlador de celda, procesador de comunicaciones, para los cuales toma datos generales y datos nominales. Para montaje considera en cada caso: Montaje Propiamente dicho, inspección y pruebas, inspección visual, pruebas.

PROCETRAI en el 2004, señala para el suministro y montaje los siguientes acápite: Pruebas de aceptación, despacho y transporte, garantía, plazos de entrega, referencias, consideraciones para la evaluación técnica de las propuestas, entrenamiento.

### **c. Suministro y Montaje Equipamiento Protección y Medición**

PRICONSA en el 2007 considera en sus especificaciones técnicas de suministro y montaje para equipamiento de protección y medición, lo siguiente: objetivo, descripción del sistema en estudio, esquemas de protección, criterios adoptados para la coordinación de protecciones del sistema eléctrico, análisis de flujo de potencia, análisis de cortocircuito, cálculos justificativos para el cálculo de los relés de protección, conclusiones.

### **D) Especificaciones Técnicas de las Obras Civiles.**

El Ministerio De Energía Y Minas Dirección General De Electricidad DGE Norma DGE (2003), "Especificaciones Técnicas De Obras Civiles Para Subestaciones Para Electrificación Rural" Las presentes especificaciones se complementan con las normas y requerimientos indicados en:

- Reglamento Nacional de Construcciones
- Norma Técnica Edificación NT- E060 (Concreto)
- Norma Técnica de Edificación NT-E030 (Sismo)
- Norma Técnica de Edificación NT-E050 (Suelos)
- Norma Técnica Edificación NT – E070 (Albañilería)
- American Standard of Testing Materials (ASTM)
- Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-95) and Commentary - ACI 318R-95 - American Welding Society.

Asimismo, indica que, se deberá tomar en cuenta las especificaciones y/o recomendaciones de los fabricantes de algunos de los materiales de construcción, tales como aditivos, acelerantes o retardadores de fragua.



**E) Medrado, valor referencial y costos unitarios de: a) Equipamiento Electromecánico b) Obras Civiles.**

Electro Puno S.A.A. en el 2007, considera formatos para metrados en los que incluye: ítem, descripción, unidad, cantidad, unitario, total. Haciendo al final una sumatoria por acápite y finalmente una global. La descripción se resume en un renglón, puntualizando las características más importantes, en unidad se coloca en forma abreviada las magnitudes comprendidas, la cantidad está referida en función de las unidades, el unitario está referido al costo directo de la descripción y el total es el producto de la cantidad por el unitario.

Por su parte Fernández en el 2004 indica para su proyecto en Tarragona los metrados a manera de presupuesto, considerando: estado de mediciones, precios simples, presupuesto y resumen del presupuesto, para lo cual toma valores en forma minuciosa como: Nro, Uds, Designación, Partes, Código largo, ancho, alto, subtotal y total.

**F) Planos Detalles y Diagramas**

Se ha utilizado lo normado en la Resolución Directoral 021 diciembre 2003, de la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas del Perú, Especificaciones técnicas de montaje electromecánico de sub estaciones para electrificación rural, para simbología, así mismo los criterios de FRENCH Thomas E.y VIERCK Charles J., con la representación de los sistemas eléctricos se complementa en forma adecuada mediante el uso de descripciones ortográficas combinadas con esquemas simbólicos, utilizando dibujos estándar, símbolos gráficos, trazado de esquemas eléctricos, representación de contactos y terminales, identificación de partes, valores numéricos, esquemas elementales; Todo ello se llevó a cabo con dibujo asistido por computadora, con el programa Autocad 2008.

**G) Cálculos Justificativos.**

Puesto que los cálculos, tienen gran diversidad de funciones, se ha visto por conveniente puntualizarlos en los resultados respectivos, donde se indican las fórmulas utilizadas en cada caso. Sin embargo, el cálculo de flujo de potencia y análisis de corto circuito se ha llevado a cabo con el uso del software NEPLAN, También se ha utilizado el software RISA 3D, para cálculo de estructuras.

**H) Cronograma de Ejecución de Obra**

Se ha cronogramado la Ejecución de Obra, en un diagrama Gantt. y con el detalle correspondiente.

**2.3. MARCO CONCEPTUAL****Glosario de términos básicos**

**CESUR** (Cemento Sur S.A.)

**DGE** Dirección General De Electricidad

**ICCE** 2004, International Conference on Consumer Electronics  
(ICCE Es el foro establecido para la investigación innovadora en todas las áreas de electrónica de consumo.

**DIAGRAMA GANTT**

El **diagrama de Gantt** es una herramienta gráfica cuyo objetivo es exponer el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. A pesar de esto, el **diagrama de Gantt** no indica las relaciones existentes entre actividades.

**METRADO** Se define así al conjunto ordenado de datos obtenidos o logrados mediante lecturas acotadas, preferentemente, y con excepción con lecturas a escala, es decir, utilizando el escalímetro, los metrados se realizan con el objeto de calcular la cantidad de obra a realizar y que al ser multiplicado por el respectivo costo unitario

- NEPLAN** Software herramienta para análisis, planeamiento, optimización y operación de redes eléctricas, de agua, gas y calefacción. que es de uso exclusivo para planeamiento y optimización de redes eléctricas; También se ha utilizado el software RISA 3D
- ONAN** Cuando no se considera ventilación forzada, solo ventilación natural.
- ONAF** Cuando se considera ventilación forzada con ventiladores a motor para refrigeración de Transformadores
- PRICONSA** PRIETO INGENIEROS CONSULTORES S.A., empresa peruana dedicada a servicios de consultoría.
- PROCETRADI**  
Procetradi S.A.C. empresa peruana, con domicilio principal ubicado en la ciudad de Lima. Se encarga de venta y servicios SCADA.
- PSE** Pequeño Sistema Eléctrico
- RISA 3D** Rapid Interactive Structural Analysis, programa de cálculo y análisis estructural para ingenieros
- RTU MODEM**  
Equipo controlador de celdas, procesador de comunicaciones y medidores de multifunción.
- SAD** Sistema Automático de Distribución
- SCADA,** Acrónimo de **S**upervisor y **C**ontrol **A**nd **D**ata **A**dquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un concepto que se emplea para realizar un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia.

## CAPÍTULO III

### 3.1. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1.1. Material experimental

La hipótesis general no es experimental, por tanto, no tiene material experimental.

La hipótesis específica es una comparación de la forma de toma de datos, sistema convencional versus SCADA, por tanto, el material experimental lo constituyen los instrumentos de toma de datos, para el sistema tradicional, voltímetro, amperímetro, ohmímetro convencionales aislados análogos y electrónicos versus, equipamiento SCADA.

#### 3.1.2. Técnicas e instrumentos para recolectar información:

Técnica para la comparación de datos:

##### A) Técnica:

Observación y Registro

##### B) Instrumentos:

- Registro manual de toma de datos
- Registro automatizado de toma de datos mediante equipamiento SCADA,
- Manual de operación del equipo,
- Revisión de especificaciones técnicas.
- Voltímetro (Transformadores de Tensión); Amperímetro (Transformadores de Corriente); Vatios (Medidores de Energía) Ohmímetro Impedancias y otros. (Relees de Protección).

#### 3.1.3. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

Las técnicas empleadas para el procesamiento y análisis de datos se presentan y desarrollan por objetivos de la siguiente manera:

### 3.1.4. Los datos para el objetivo general

Para el objetivo general: Desarrollar el Estudio Definitivo de la Subestación Eléctrica de transformación 60/22.9/10 kV. Caracoto, con el sistema SCADA, el cual permitirá suministrar de un mayor flujo de potencia a la Fábrica de Cemento Sur, así como también permitirá atender el crecimiento de la demanda del Pequeño Sistema Eléctrico Caracoto – Capachica, parque industrial Juliaca y zonas aledañas.

Ha requerido del siguiente procedimiento para su análisis y desarrollo.

- A)** Señalar justificadamente las recomendaciones establecidas en las especificaciones técnicas generales para todos los equipos a ser suministrados, diseñados, construidos y probados para el proyecto bajo la normatividad vigente.
- B)** Señalar justificadamente las especificaciones técnicas que definen las principales actividades que debe ejecutar el contratista para:
  - a)** El montaje electromecánico de las subestaciones del proyecto para definir las exigencias y características del trabajo a ejecutar, y en algunos casos, los procedimientos a seguir.
  - b)** Proporcionar la relación de los nuevos equipos necesarios para la implementación y operación del SAD (Sistema de Automatización de Distribución), provenientes del sistema SCADA (Supervisión Control y Adquisición de Datos).
  - c)** Definir las condiciones para la concepción, diseño, fabricación y pruebas de los sistemas de Control, Protección y Medición requeridos para la operación de las instalaciones de montaje SCADA.
- C)** Señalar justificadamente las especificaciones técnicas de montaje, que norman y definen los procedimientos ejecutivos de programación, construcción, fiscalización, medición, pagos que deben ser aceptados y aplicados por el contratista en la construcción de las obras civiles permanentes de las subestaciones del Proyecto, realizando el metrado y determinando el valor de referencia de:
  - a)** Del equipamiento electromecánico

- b) De las obras civiles
- c) Cálculo los costos unitarios del equipamiento electromecánico.
- d) Calcular los costos unitarios de las obras civiles.
- D) Realizar los planos, detalles y diagramas del proyecto.
- E) Realizar los cálculos justificativos de y análisis del flujo de potencia, y de corto circuito, cálculos mecánicos, cálculos de obras civiles y otros.
- F) Desarrollar el cronograma de ejecución de obra en un diagrama de Grantt.

### 3.1.5. Los datos para el objetivo específico

Para el objetivo específico: Realizar la comparación cualitativa del funcionamiento de los sistemas de control eléctrico convencional, versus control automático SCADA.

Los datos obtenidos en referencia a los elementos de la energía requieren únicamente de la comparación sinóptica para su demostración, la cual por ser cualitativa se ha realizado en forma tabulada.

## 3.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL ESTUDIO

El presente estudio tiene como ubicación geográfica la población de Caracoto, delimitada por las siguientes coordenadas UTM:

**TABLA 3.1. Coordenadas UTM WGS84 de Ubicación Geográfica del Estudio**

N° Vértice	Este	Norte
1	382496.4313	8278514.8798
2	382545.6946	8278506.3287
3	382542.2272	8278456.4491
4	382492.2766	8278458.6709

Elaboración Propia



El vértice de salida de la Línea 60 kV. está ubicada en la coordenada UTM: 382531.9952 (Este) y 8278455.1105 (Norte).

El área del estudio pertenece al departamento de Puno, provincia de San Román con altitud media 3 875 msnm, con clima frío, caracterizada por sus descargas atmosféricas intensas, y fuertes vientos, nevadas ocasionales, con escasa vegetación, Las características ambientales a lo largo de la línea son las siguientes:

Temperatura mínima	:	-5 ° C
Temperatura media	:	14 ° C
Temperatura máxima	:	23 ° C
Humedad relativa promedio	:	30 %

La velocidad de viento máxima en la zona del proyecto es de 113 km/h (CNE - suministro).

Debido a que el Perú está situado en una zona sísmica, como lo demuestra la página web Earth Google, los equipos y materiales a suministrarse, así como las edificaciones, deberán estar diseñados para soportar fuerzas sísmicas de las siguientes características:

Aceleración en cualquier dirección horizontal	:	0.5g
Aceleración en dirección vertical	:	0.2g
Frecuencia de oscilaciones	:	Igual a la Frecuencia de resonancia del equipo.

### 3.3. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

El presente estudio tuvo una duración de 60 días calendarios, dando como resultado un tiempo estimado de ejecución de obras de 14 semanas calendarías, cuyo desarrollo se encuentra detallado en el anexo capítulo VIII del presente.

### **3.4. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO**

La población de datos lo constituye en la energía eléctrica disponible a manejar y la variabilidad de la misma expresada en voltaje, amperaje, consecuentemente potencia nominal, activa y reactiva, así como frecuencia, de energía, con sus correspondientes unidades de medida, tomadas antes y después de la ejecución del presente proyecto energético.

### **3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO**

#### **3.5.1. Para el objetivo general**

De la presente investigación por su naturaleza de diseño de proyecto energético, no tiene población de datos repetidos, para obtener muestras de los mismos, constituyendo la población de datos la cantidad de energía eléctrica (flujo de potencia) obtenida antes y después de la ejecución del proyecto energético.

#### **3.5.2. Para el objetivo específico**

Que muestra una comparación en la forma de toma de datos, entre la forma convencional y la forma automatizada con el SCADA, constituyendo la población de datos la forma convencional y la forma automatizada de obtención de información.

### **3.6. DISEÑO ESTADÍSTICO**

#### **3.6.1. Tipo y diseño de investigación**

El tipo y diseño de investigación de acuerdo al reglamento, es Básica: Explicativa, descriptiva. Por ser un estudio de proyecto energético, está sujeto al siguiente esquema, como expediente técnico, para su desarrollo.

1. Memoria Descriptiva
2. Especificaciones Técnicas de Suministro

3. Especificaciones Técnicas de Montaje
4. Especificaciones Técnicas de las Obras Civiles.
5. Metrado, valor referencial y costos unitarios de:
  - a) Equipamiento Electromecánico;
  - b) Obras Civiles
6. Planos Detalles y Diagramas
7. Cronograma.

### **3.6.2. Diseño estadístico para la prueba de hipótesis o prueba de hipótesis**

(no corresponde)

## **3.7. PROCEDIMIENTO**

### **3.7.1. Procedimiento del experimento.**

(no corresponde por no ser investigación experimental).

### **3.7.2. Plan de tratamiento de los datos.**

En la hipótesis general los datos fueron comparados en cantidad de energía disponible antes y después de la ejecución del presente.

En la hipótesis específica, tratándose de una comparación, esta se lleva a cabo en forma tabulada, para mostrar las bondades y defectos de cada sistema de toma de datos.

## **3.8. VARIABLES**

Las variables seleccionadas para ser utilizadas en el presente estudio son algunas características de la energía en condiciones de sin proyecto y con proyecto como son: Voltaje (V), Amperaje (A), Ohmiaje ( $\Omega$ ), Potencia (W, VA y VAR) Frecuencia (Hertz) y Tiempo (S, ms).

### **3.8.1 Operacionalización de variables**

Puesto que la presente de acuerdo al Artículo 13 del Reglamento de

Investigación de la FIMES – UNA - PUNO, es una investigación del:

Área : Ingeniería y Ambiente.

Línea de Investigación : Diseño de Proyectos Energéticos.

La operacionalización de variables se detalla en los siguientes cuadros:

**A) Para la hipótesis general**

Una nueva Subestación de potencia en 60 / 22.9 /10 kV, en Caracoto, Podrá brindar un mayor flujo de potencia a la fábrica de cemento sur y zonas aledañas circundantes a la misma.

**TABLA 3.2. Operacionalización de Variables Hipótesis General**

Variable	Dimensiones	Indicadores
Voltaje	Voltios	Voltímetro
Amperaje	Amperios	Amperímetro
Ohmiaje	Ohmios	Ohmímetro
Potencia	Vatio	Vatímetro
	Voltio Amperio	Potenciómetro
	Voltio Amperio Reactivo	Potenciómetro Reactivo
Tiempo	Hertz	Frecuencímetro
Frecuencia	Milisegundos	Reloj GPS

Elaboración Propia

**B) Para la Hipótesis específica**

En Estudio para la implementación de una subestación eléctrica de transformación 60/22.9/10 kV. en Caracoto, el SCADA tiene mayor precisión en medición de Voltaje, Amperaje, Frecuencia y Tiempo, y es más confiable que el sistema tradicional de medición.

**TABLA 3.3. Operacionalización de Variables Hipótesis Específica**

Variables	Dimensiones	Indicadores	
		SCADA	Convencional
Voltaje (variable Independiente)	Voltios	Relé Digital y Registro SCADA,	Voltímetro y Relé Analógico y Digital
Amperaje (variable Independiente)	Amperios	Relé Digital y Registro SCADA,	Amperímetro y Relé Analógico y Digital
Ohmiaje (variable Dependiente)	Ohmios	Relé Digital y Registro SCADA,	Ohmímetro y Relé Analógico y Digital
Watiaje (variable Dependiente)	Wattios	Relé Digital y Registro SCADA,	Vatímetro y Relé Analógico y Digital
Frecuencia (variable Dependiente)	Hertz	Relé Digital y Registro SCADA,	Frecuencímetro y Relé Analógico y Digital
Tiempo (variable Dependiente)	Milisegundos	Relé Digital y Registro SCADA,	Relé Analógico y Digital

Elaboración Propia

### 3.9. ANALISIS DE RESULTADOS

#### 3.9.1. Análisis de especificaciones técnicas de suministro.

Las secuencias establecidas por Electro Puno S.A.A. para media tensión y PRICONSA para 60 kV. con sus contenidos, no son compatibles con lo que indica el fabricante, puesto que el proceso de fabricación se

desarrolla con mayor agilidad y dinamismo que las normas y plantillas propuestas, que al parecer son revisadas a menor frecuencia que la fabricación. En algunos casos los fabricantes presentan opciones más avanzadas en sus productos, que las exigidas y en otros que ni siquiera las contemplan.

### **3.9.2. Análisis de las especificaciones técnicas de montaje electromecánico.**

Lo establecido por la Resolución Directoral 021 diciembre 2003, de la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas del Perú, Especificaciones técnicas de montaje electromecánico de sub estaciones, se responde al montaje de equipamiento tradicional, sin embargo no cubren los adelantos técnicos como es el caso de montaje de equipamiento SCADA, protección y medición , por lo que se percibe que estas normas no vienen siendo actualizadas por los organismos competentes, nacionales, poniendo en dificultades a los comitentes y contratistas en estos rubros, lo cual se acentúa a medida que el tiempo avanza y los sistemas modernos entran en mayor uso

### **3.9.3. Análisis de las especificaciones técnicas de metrados y presupuesto**

La principal observación en cuanto a los metrados es que no existen valores nuevos de reemplazo para equipamiento a 60 kV. lo que dificulta la determinación de los precios de proyecto, lo cual implica hacer consulta y depender de no menos de tres proveedores que pueden manejar los precios de acuerdo a sus intereses, alterando el justo precio de esta parte de la obra. Así mismo estos valores tienen mucha fluctuación por el cambio monetario, dado que los equipos en referencia se fabrican fuera del país y representan un porcentaje considerable del metrado total.

### **3.9.4. Análisis de los planos de detalles y Diagramas**

La ejecución de planos se ha visto notablemente modificada en su presentación y reproducción por la ventaja que presta los nuevos

sistemas para las modificaciones del diseño, en cuanto a tiempo y economía.

De otro lado la norma no indica los extremos del detalle a ser considerados en los planos a nivel de estudio definitivo, debiendo el proyectista determinar intuitivamente el nivel que estos requieren y el punto de inicio del estudio de ingeniería de Detalle.

### **3.9.5. Análisis de los cálculos justificativos**

Cabe la discusión en el sentido de resaltar la no existencia de normatividad para la presentación del cálculo correspondiente a este tipo de proyectos, probablemente porque estos proyectos son esporádicos en su ejecución, razón por la que no les prestan la debida actualización.

### **3.9.6. Análisis del cronograma de la ejecución de obra,**

Realizado en un diagrama Gantt. y con el detalle correspondiente, se adecua a las exigencias del proyecto, pero para ejecuciones más rigurosas es conveniente utilizar el método de camino crítico, tareas predecesoras, diagramas S. con adecuaciones horarias propias de la región y horarios vacíos de recuperación por aspectos climáticos.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los objetivos planteados los resultados del estudio tienen la siguiente interpretación:

#### 4.1. RESULTADOS

##### 4.1.1. RESULTADOS DEL OBJETIVO GENERAL

El Estudio Definitivo de la Subestación Eléctrica de transformación 60/22.9/10 kV. Caracoto,

##### **Dando como resultado que:**

La relación de transformación del transformador de potencia a ser instalado será de  $57 \pm 10\%$  22,9/10 kV. para lograr desplegar un flujo de potencia hasta de 18.75 MVA ONAF y 15 MVA ONAN en la bahía de 22.9 kV. Superando en 2.6 veces al flujo existente de 7.2 MVA. (260.42% mayor). Además de otorgar un flujo de potencia de 4 MVA ONAN y 5 MVA ONAF. en la bahía de 10 kV. y contara con regulación automática bajo carga.

**A) Secuencialmente se obtiene justificadamente las recomendaciones establecidas en las especificaciones técnicas generales para todos los equipos a ser suministrados, diseñados, construidos y probados para los siguientes equipos y otros del proyecto:**

- Transformador de Potencia tipo trifásico tres devanados, con una potencia nominal ONAN 16/15/4 MVA, ONAF 20/18.75/5 MVA,
- Seccionadores de línea y de barra
- Interruptores de potencia.
- Transformadores de tensión (60, 22.9 y 10 kV)
- Transformadores de corriente (exteriores o en bushing)



- Pararrayos clase 2 (60, 22.9 y 10 kV)
- Barras y conexiones de alta tensión
- Equipos de corriente continua,
- Interruptor de recierre automático.
- Transformador de servicios auxiliares,
- Tableros de servicios auxiliares,
- Tablero de Medición
- Tablero de Protección
- Tablero de Regulación Automática bajo carga
- Equipamiento y Tablero SCADA
- Seccionadores fusibles,
- Cables de baja tensión,
- Sistema de iluminación,
- Sistema de puesta a tierra,
- Estructuras metálicas,
- Equipos contra incendios

Describiendo el detalle y desarrollo de cada uno en el anexo 2 Capítulo II

- B) Se obtiene que justificadamente las especificaciones técnicas de montaje que definen las principales actividades que debe ejecutar el contratista para El montaje electromecánico de las subestaciones del proyecto, para definir las exigencias y características del trabajo a ejecutar, y en algunos casos para los procedimientos a seguir.**

**Dan como resultado que:**

Las especificaciones de montaje que se aplicarán a los transformadores sumergidos en aceite, para servicio a intemperie, auto enfriado y enfriamiento forzado para 60 Hz, 60° - 65°C de elevación de temperatura con regulación automática bajo carga, habiéndose indicado las disposiciones de, ejecución, tolerancias, medición, cargos en cada caso. Así como las recomendaciones para la inspección y pruebas de aceptación de subestaciones.

Lo cual se encuentra desarrollado en detalle en el anexo 3a capítulo III.

**b1. Proporcionar la relación de los nuevos equipos necesarios para la implementación y operación del SAD (Sistema de Automatización de Distribución), provenientes del sistema SCADA. (Supervisión Control y Adquisición de Datos).**

**Dan como resultado que:**

Para la implementación del SAD (Sistema de automatización de Distribución) se han enunciado la relación de equipos, accesorios e instrumentos del SET Caracoto y del Centro de Control Puno (equipamiento adicional), siendo los más importantes tableros de comunicación, automatización, equipo controlador de celda, procesador de comunicaciones, medidores multifunción y otros con sus especificaciones técnicas.

Lo cual se encuentra desarrollado en el anexo 3b capítulo III.

**b2. Definir las condiciones para la concepción, diseño, fabricación y pruebas de los sistemas de Control, Protección y Medición requeridos para la operación de las instalaciones de montaje SCADA.**

**Dan como resultado:**

Se han dado las especificaciones para el montaje, inspección y pruebas, inspección visual haciendo referencia de los controladores RTU MODEM, equipo controlador de celdas, procesador de comunicaciones y medidores de multifunción. Finalmente se han dado las especificaciones técnicas de suministro equipamiento protección y medición aptos para su ingreso al SCADA.

Lo cual se encuentra desarrollado en el anexo 3c capítulo III

**C) Se indica justificadamente las especificaciones técnicas de montaje, que norman y definen los procedimientos ejecutivos de programación, construcción, fiscalización, medición, pagos que deben ser aceptados y aplicados por el contratista en la construcción de las obras civiles permanentes de las subestaciones del Proyecto, realizando el metrado y determinando el valor de referencia de:**

- a) Del equipamiento electromecánico.
- b) De las obras civiles.
- c) Cálculo los costos unitarios del equipamiento electromecánico
- d) Calcular los costos unitarios de las obras civiles.

**Dan como resultado:**

Se ha desarrollado las especificaciones técnicas de las obras civiles que comprenden: Disposiciones generales, actividades preliminares, movimiento de tierras, rellenos, trabajos de concreto en superficie, preparación del concreto, encofrados, acero de refuerzo, edificio de control – estructuras – arquitectura instalaciones, carpintería, vías de acceso, misceláneos, medición y pago de obras civiles. Finalmente se han realizado los metrados y valor referencial de la obra que es de S/. 5'179,829.82 nuevos soles, así como los costos unitarios sustentatorios para los mismos.

Cuyos detalles figuran en el anexo 4 capítulo IV.

**D) Elaborar los planos, detalles y diagramas del proyecto.**

Se han realizado los planos de 1. De ubicación, 2. Diagrama unifilar general, 3. Diagrama protecciones, 4. Diagrama auxiliar servicio auxiliares, 5. Diagrama equipamiento SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) 6. Disposición de equipos, 7. Disposición de equipos secciones, 8. Instalaciones eléctricas, 9. Red de tierra profunda, 10. Disposiciones de equipos – casa de control.

Lo cual figura en el anexo 6 capítulo VI.

**E) Realizar los cálculos justificativos de y análisis del flujo de potencia, y de corto circuito.**

Se han realizado los cálculos definitivos y análisis de flujo que, están representados en cinco diagramas cuantificados de análisis de flujo de potencia y cinco diagramas cuantificados de análisis de corto circuito, para los posibles escenarios de funcionalidad de la subestación, así como el cálculo mecánico estructural, cálculo de puestas a tierra y otros varios

Lo cual figura en el anexo 7 capítulo VII.

**F) Realizar el cronograma de ejecución de obra.**

El cronograma de ejecución de obra fue realizado en diagrama Gantt.

Lo cual figura en el anexo 8 capítulo VIII.

**4.1.2. RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO.**

Cuadro comparativo de la forma y resultado de datos obtenidos con el sistema convencional y sistema SCADA.

**TABLA 4.1. Comparación de Características del Sistema**

ITEM	SISTEMA CONVENCIONAL DE TOMA Y REGISTRO DE DATOS.	SISTEMA SCADA DE TOMA Y REGISTRO DE DATOS
Voltaje	Toma por lectura Registro manual	Toma automática Registro automático
Amperaje	Toma por lectura Registro manual	Toma automática Registro automático
Ohmiaje	Toma por lectura Registro manual	Toma automática Registro automático
Frecuencia Hertziana	Toma por lectura Registro manual	Toma automática Registro automático
Frecuencia de toma de datos	Discontinua: Cada que pueda un operador	Continua: Programable hasta cada 15 segundos
Medición de armónicos	Por proceso manual	Automáticamente desde la primera a la quinta.
Perturbaciones porcentuales sobre la forma de la onda:	Por proceso de cálculo	Automáticamente
Retroalimentación de información	No se lleva a cabo o manual esporádico	automática
Balanceo de corriente.	No se lleva a cabo o manual esporádico	Fase a fase o fase a tierra, el sistema envía una señal de alarma o decisión de control, en función de rangos establecidos o normados, quedando visualizado en pantalla.
Elaboración del perfil de carga:	No lleva a cabo o manual	De registro automático y es fuente importante de toma de decisiones.
Precisión de lectura	Voltaje: Décimo de voltio 0.1 Amperio: Décimo de amperio 0.1 Tiempo: Segundo	Voltaje: Milésimo de voltio 0.001 Amperio: Milésimo de amperio 0.001 Tiempo: Milisegundos
Precisión de lectura	Ohmiaje: Décimo de Ohmio 0.1	Ohmiaje Centésimo de ohmio 0.01
Precisión de lectura	Hertz: Décimo de Hertz 0.1	Hertz: Centésimo de Hertz 0.01
Regulación de Tensión Bajo Carga	Manual y por cálculo	Automática por muestreo
Reposición de servicio por evento o falla	Manual	Automática programable o remota a distancia.
Iteraciones de reposición	A criterio	Tiene 3 o más iteraciones programables para reposición automática de servicio. o remota a distancia.
Criterio de reposición de servicio	Humano, identificación manual de tipos de falla.	Sensibilidad, decide la continuidad del servicio en función del registro de datos y programación por tipo de falla.
Forma de Registro de Datos	Manual, escrita en papel, lectura directa usualmente horaria	En un servidor SCADA a una base de datos, programable hasta cada 15 segundos
Medios de Comunicación	Radio, satélite, líneas telefónicas, conexión directa, LAN,WAN, fibra óptica	Redes de área local, conexión directa

Elaboración Propia

En consecuencia, el sistema SCADA tiene muchas ventajas que se señalan en el cuadro siendo la más importante el criterio de reposición del servicio, mando remoto registro de datos y eventos. En cuanto a lo económico su valor de reposición queda cubierto, comparado con el sueldo y beneficios que correspondería a los costos que demanda la operación humana.

## **4.2. DISCUSION**

### **4.2.1. Discusión de especificaciones técnicas de suministro.**

La compatibilidad de las tablas y especificaciones técnicas de lo requerido por el adquirente no es concordante con lo ofertado por el proveedor, a pesar de existir formatos preestablecidos por el Ministerio de Energía y Minas, en la mayoría de casos el ofertante ofrece nuevas características, que llevan a favorecer o desfavorecer la calificación del producto y consecuentemente herrar la compra final

### **4.2.2. Discusión de las especificaciones técnicas de montaje electromecánico.**

Es necesaria la constante actualización del texto en los procedimientos de montaje, en función a lo indicado por los fabricantes de los nuevos productos de vanguardia, además de considerar la diversidad de modelos de los mismos, estando en discusión la estandarización de un procedimiento genérico, debiendo limitarse a citar lineamientos básicos.

### **4.2.3. Discusión de las especificaciones técnicas de metrados y presupuesto.**

En actualidad se logró una estandarización de precios por montajes, sin embargo, al desarrollar metrados y presupuestos para equipamiento arriba o igual a los 60 kV. nos encontramos con una diversidad de precios por fabricante, en ocasiones herrando al promediar o tomar la

media de los mismos, se debe considerar un algoritmo que abarque esta diversidad para considerar un precio referencial real, estando en discusión la constante variabilidad de precios por oferta y demanda y ingreso de nuevos productos y fabricantes a este mercado creciente.

#### **4.2.4. Discusión de los planos de detalles y Diagramas**

La discusión al elaborar planos de ingeniería, es por existir una estandarización del nivel de los mismos, se requerirán planos a nivel de estudio definitivo mas no de ingeniería de detalle, y viceversa, por lo que se debe lograr lineamientos básicos para definir a que nivel de detalle se desarrollarán los planos de estudios definitivo, y a partir de qué nivel se considerara como ingeniería de detalle

#### **4.2.5. Discusión de los cálculos justificativos**

Al desarrollar cálculos justificativos y no existir normatividad vigente para la presentación de los resultados de los mismos, nos encontramos con la discusión de selección de la utilización de software para cada rubro de cálculo, puesto que de estos dependen los formatos de presentación de resultados.

#### **4.2.6. Discusión del cronograma de la ejecución de obra,**

Realizado en un diagrama Gantt. Está en discusión la utilización del método de camino crítico, o tareas predecesoras, o diagramas S. con adecuaciones horarias y horarios vacíos de recuperación por aspectos climáticos adecuados para cada región.

## 5. CONCLUSIONES

### 5.1. CONCLUSIONES DEL OBJETIVO GENERAL

**5.1.1.** Serán necesarios: transformador de potencia tipo trifásico tres devanados, con potencia nominal continua ONAN 16/15/4 MVA, ONAF 20/18.75/5 MVA, interruptores, seccionadores, transformadores de tensión, pararrayos, barras, conexiones de alta tensión, equipos de corriente continua, tableros de servicios auxiliares, sistema de iluminación, sistema puesta a tierra, estructuras metálicas, equipos contra incendios.

**5.1.2.** Se desarrollaron las siguientes especificaciones

- A)** Especificaciones de montaje a transformadores sumergidos en aceite.
- B)** Especificaciones para implementación del SAD se menciona relación de equipos, accesorios, instrumentos necesarios.
- C)** Especificaciones para el montaje, inspección y pruebas.

**5.1.3.** Se desarrollaron especificaciones técnicas de obras civiles, realizándose: metrados, cuyo valor referencial de obra es S/. 5'179,829.82.

**5.1.4.** Planos 1. ubicación, 2. diagrama unifilar, 3. diagrama protecciones, 4. diagrama servicios auxiliares, 5. diagrama equipamiento SCADA 6. disposición de equipos, 7. disposición de equipos secciones, 8. instalaciones eléctricas, 9. red de tierra profunda, 10. disposiciones de equipos – casa de control.

**5.1.5.** Se desarrollaron los Cálculos definitivos necesarios como: flujo de potencia para diversos escenarios de funcionalidad; Análisis de Corto Circuito también para diversos escenarios; calculo mecánico; cálculo para malla o red de tierra profunda; cálculo de iluminación y otros.



**5.1.6.** Cronograma de ejecución de obra, en diagrama de Grantt

## **5.2. CONCLUSIONES DEL OBJETIVO ESPECÍFICO**

Se concluye que el SCADA tiene muchas más ventajas, siendo importante el criterio de reposición del servicio automático, mando remoto, registro de datos y eventos entre otros.

## 6. RECOMENDACIONES

- 6.1. Para la Memoria Descriptiva, se recomienda que las entidades inmersas elaboraren plantillas suficientes para cada necesidad de proyecto, en función de la naturaleza dinámica de los mismos y que exigen los nuevos tiempos.
- 6.2. En cuanto a Especificaciones Técnicas de Suministro Se recomienda la compatibilización de las especificaciones de suministro requeridas con lo que indica el fabricante, puesto que el proceso de fabricación se desarrolla con mayor agilidad y dinamismo que las normas y plantillas propuestas, que al parecer son revisadas a menor frecuencia que la fabricación. Puesto que, En algunos casos los fabricantes presentan opciones más avanzadas en sus productos, que las exigidas y en otros que ni siquiera las contemplan.
- 6.3. Las recomendaciones técnicas de montaje estarán sujetas a la funcionalidad de las especificaciones técnicas de montaje en el momento de la ejecución de obra, recomendando que lo descrito en el proyecto es tentativo.
- 6.4. En cuanto al desarrollo del cálculo justificativo, se recomienda el uso de software para la totalidad del cálculo, por ser de simulación en la mayoría de casos, recomendando el uso de los siguientes programas: NEPLAN, Digsilent, DLT Cad, PSAV, CMD Ground, SAP Estructural etc.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ministerio De Energía Y Minas Dirección General De Electricidad RD 019-2003-EM, Norma DGE “Especificaciones Técnicas De Obras Civiles Para Subestaciones Para Electrificación Rural”

FERNÁNDEZ P. Miguel A., 2004, Proyecto Subestación “La Cometa”, Escola Técnica Superior Enginyeria Universitat Rovira I Virgili. Tarragona España.

Ministerio De Energía Y Minas Dirección General De Electricidad RD 021-2003-EM, Norma DGE “Especificaciones Técnicas De Montaje Electromecánico De Subestaciones Para Subestaciones Para Electrificación Rural”

PRICONSA., 2007 Estudio Definitivo De La Línea En 60 kV. Para suministro eléctrico de la Planta Cesur S.A.

ICCE SRL., 2004 Estudio de Sistema SCADA en Sistema de Transmisión y Distribución Primaria, Red Primaria Puno, Red Primaria Juliaca y S.E.Ts. Ilave y Pomata

PRICONSA., 2003 Línea de Transmisión y Subestaciones 60kV Azángaro, Putina, Huancané y Ananea

FRENCH Thomas E.y VIERCK Charles J., 2004 Dibujo de Ingeniería. Edit McGRAW-HILL CAP 21 pp 610-623

LOPEZ Fernandez J. y TAJADURA Zapirain J.A. 2000 Autocad 2000 Avanzado. Edit McGRAW-HILL

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE 2001., Design Guide for Rural Substations. Rural Utilities Service

BCP Busarello + Cott + Partner Inc. 2007 NEPLAN Sistema de Planeamiento y optimización de redes eléctricas.

Código Nacional de Electricidad 2001

“Asociación alemana de investigación para tecnología de alta tensión y grandes intensidades”, FGH (Norma VDE 0141) 2001

FGH (Norma VDE 0141) 2002 “Asociación alemana de investigación para tecnología de alta tensión y grandes intensidades”,

IEC - International Electrotechnical Commission 2008 Comisión Electrotécnica Internacional Permanente

ANSI American National Standards Institute 2008

Centro de Formación Schneider, 2007 Centros de Transformación MT/BT