

## INDICE GENERAL

### CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1	INTRODUCCIÓN	1
1.2.	ANTECEDENTES	3
	1.2.1 Razón Social	3
	1.2.2 Localización	3
	1.2.3 Misión	3
	1.2.4 Visión	3
1.3	ANALISIS DEL PROBLEMA	4
	1.3.1 Problemas	4
	1.3.2 Justificación	5
1.4	PUESTO DE TRABAJO	5
	1.4.1 Descripción del Puesto de Trabajo	5
	1.4.2 Manual de Funciones	6
	1.4.3 Perfil del Cargo	7
1.5	OBJETIVOS	7
	1.5.1 Objetivos General	7
	1.5.2 Objetivos Específicos	7
1.6	ALCANCE.	8
	1.6.1 Alcance Espacial	8
	1.6.2 Alcance Temporal	8
	1.6.3 Alcance Sustantivo	9
1.7	METODOLOGIA DE TRABAJO	9
	1.7.1 Análisis de Consumo de Energía Eléctrica	9
	1.7.2 Análisis del Sistema de Potencia	10
	1.7.3 Análisis del Flujo de Potencia	11
	1.7.4 Evaluación para la implementación de un B.C.	11

## CAPITULO 2: MARCO TEORICO

2.1	INTRODUCCIÓN	12
2.2	ENERGÍA ELÉCTRICA	12
	2.2.1 Consumo de Energía Eléctrica	12
	2.2.2 Estructura Tarifaria del Consumo de Energía Eléctrica	13
	2.2.3 Eficiencia Energética	14
	2.2.4 Gestión de la Eficiencia Energética	14
	2.2.5 Principios Fundamentales de la Eficiencia Energética	14
	2.2.6 Calidad de Energía	14
2.3	POTENCIA / TIPOS DE POTENCIA ELÉCTRICA	15
	2.3.1 Potencia Activa	15
	2.3.2 Potencia Reactiva	16
	2.3.3 Potencia Aparente	16
2.4	TRIANGULO DE POTENCIA ELÉCTRICA	17
2.5	IMPEDANCIA	17
2.6	COMPORTAMIENTO DE LAS CARGAS ELÉCTRICAS	18
	2.6.1 Comportamiento de la Corriente en una Resistencia	18
	2.6.2 Comportamiento de la Corriente en un Capacitor	18
	2.6.3 Comportamiento de la Corriente en una Inductancia	20
2.7	FACTOR DE POTENCIA	21
	2.7.1 Determinación del Factor de Potencia	21
	2.7.2 Instrumento de Medición del Factor de Potencia	22
	2.7.3 Instrumento de Medición de la Energía Reactiva	24
	2.7.4 Tarifas de Energía Reactiva	24
	2.7.5 Motores Eléctricos y el Factor de Potencia	25
	2.7.6 Mejoramiento del Factor de Potencia	27
2.8	BANCO DE CAPACITORES	28
2.9	ELEMENTOS DE UN BANCO DE CAPACITORES	29
	2.9.1 Relevador Automático de Potencia Reactiva	29
	2.9.2 Contactor Eléctrico	30
	2.9.3 Capacitor de Potencia	31
	2.9.4 Interruptor Magnetotérmico	32
2.10	PÉRDIDAS DE POTENCIA EN LOS MOTORES	33
2.11	FACTOR DE UTILIZACIÓN (F.U.)	34
2.12	FACTOR DE CARGA (F.C.)	34
2.13	FACTOR DE DEMANDA MAXIMA	34
	2.13.1 Amperímetro de Máxima Lectura.	35
2.14	ARMONICOS	35
	2.14.1 Flujo de Potencia Armónico	36

2.15	TRANSFORMADORES	37
2.15.1	Transformadores de Potencia.	37
2.15.2	Transformadores de Distribución	38
2.16	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE “T C”	38
2.16.1	Definiciones Importantes Relacionadas con los “TC”	39
2.16.2	Clases de Precisión para “TC”.	40

### CAPITULO 3: CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

3.1	INTRODUCCIÓN	42
3.2	SISTEMA ELÉCTRICO	42
3.2.1	Circuitos de iluminación	42
3.2.2	Circuitos de Tomacorrientes	48
3.2.3	Circuitos de Acondicionadores de Aire	51
3.3	POTENCIA TOTAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO	54
3.4	SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA (S.E.P.)	55
3.4.1	Subsistema de Distribución	55
3.4.2	Subsistema de Mayor Consumo Eléctrico	59
3.5.	ARRANQUE DE MOTORES DE MAYOR POTENCIA	60
3.5.1	Arranque Directo	60
3.5.2	Arranque Estrella-Triángulo	62
3.5.3	Arranque por Autotransformador	63
3.6	CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES	65
3.6.1	Motoreductores	65
3.6.2	Variadores de Frecuencia	66
3.7	CORRIENTE DE MOTORES DE MAYOR POTENCIA	67
3.7.1	Corriente Nominal de Motores de Mayor Potencia	67
3.7.2	Corriente de Trabajo de Motores de Mayor Potencia	68
3.8	POTENCIA INSTALADA DE MOTORES	68
3.10	POTENCIA TOTAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA	72
3.11	POTENCIA GENERAL INSTALADA	73
3.12	POTENCIA GENERAL UTILIZADA	73
3.13	CORRIENTE GENERAL	75
3.14	EQUILIBRIO DE CARGAS	75
3.15	ESTRUCTURA GENERAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO	76
3.16	INSTALACIÓN DE TABLEROS DE DISTRIBUCION AL TABLERO PRINCIPAL	76
3.17	INSTALACIÓN DE TABLERO PRINCIPAL AL TRANSFORMADOR	78

**CAPITULO 4: DIAGNOSTICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

4.1	INTRODUCCIÓN	80
4.2	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	80
4.3	CONSUMO DE ENERGÍA REACTIVA	82
4.4	BLOQUES DE HORARIO ESTABLECIDOS POR C.R.E.	83
4.4.1	Consumo de Energía Eléctrica en Bloque Alto	84
4.4.2	Consumo de Energía Eléctrica en Bloque Medio	85
4.4.3	Consumo de Energía Eléctrica en Bloque Bajo	87
4.5	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE POTENCIA	88
4.5.1	Consumo de Energía Eléctrica del Transformador de Potencia	88
4.5.2	Demanda Máxima (KW-Punta)	90
4.5.3	Exceso de Demanda Máxima (Exceso KW-Punta)	92
4.5.4	Factor de Carga (F.C.)	92

**CAPITULO 5: ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

5.1	INTRODUCCIÓN	94
5.2	ANÁLISIS DE PÉRDIDAS EN EL SISTEMA DE POTENCIA	94
5.2.1	Exceso de Pérdidas de Energía Eléctrica en el Transformador	94
5.2.2	Pérdidas por Exceso Consumo de Energía Reactiva	97
5.3	ANÁLISIS DE PÉRDIDAS POR BAJO FACTOR DE POTENCIA	100
5.3.1	Medición y Verificación del Actual Factor de Potencia	102
5.3.2	Penalización Económica por Bajo Factor de Potencia	102
5.3.3	Máquinas y Equipos que Originan Bajo Factor de Potencia	104
5.4	PÉRDIDAS DE POTENCIA EN CONDUCTORES ELÉCTRICOS	105
5.5	PÉRDIDAS DE POTENCIA EN CONDUCTORES DE ALIMENTACION GENERAL	107
5.6	INCREMENTO DE POTENCIA EN EL TRANSFORMADOR POR BAJO F. P.	107
5.7	PÉRDIDAS DE CORRIENTE POR BAJO F.P. EN MOTORES DE M.P.	109
5.8	PÉRDIDAS POR ARMONICAS DE CORRIENTE	111
5.8.1	Efecto de Pérdidas por la Existencia de Corrientes Armónicas	111

5.9	PÉRDIDAS POR FLUJO DE POTENCIA	113
5.9.1	Flujo de Potencia en Bloque Alto	116
5.9.2	Flujo de Potencia en Bloque Medio	118
5.9.3	Flujo de Potencia en Bloque Bajo	119
5.10	PÉRDIDAS POR DEMANDA MAXIMA	121
5.11	CONCLUSIÓN	123

## CAPITULO 6: PROPUESTA DE MEJORA

6.1	INTRODUCCIÓN	125
6.2	PROPUESTA PARA MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA	125
6.3	FACTOR DE POTENCIA PROPUESTO	128
6.4	COMPENSACIÓN CENTRAL CON BANCO AUTOMATICO	129
6.4.1	Ventajas y Desventajas de un Banco Central de Capacitores	129
6.5	IMPORTANCIA DE MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA DENTRO DEL SISTEMA ELÉCTRICO	130
6.5.1	Eliminación del Recargo por Bajo Factor de Potencia	130
6.5.2	Reducción de Pérdidas de Potencia en Conductores de Alimentación General	132
6.5.3	Reducción del Suministro de Potencia para el Transformador	133
6.5.4	Corriente de Compensación en Motores de Mayor Potencia	134
6.6	REDUCCIÓN DEL FLUJO DE POTENCIA POR LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA GENERAL	137
6.6.1	Reducción del Flujo de Potencia en Bloque Alto	137
6.6.2	Reducción del Flujo de Potencia en Bloque Medio	138
6.6.3	Reducción del Flujo de Potencia en Bloque Bajo	140
6.7	CONCLUSIÓN	142

## CAPITULO 7: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE CAPACITORES

7.1	INTRODUCCIÓN	143
7.1	RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO	143
7.2.1	Recopilación de Información Técnica	143
7.3	DISEÑO Y ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL BANCO AUTOMATICO DE CAPACITORES	144

7.3.1	Determinación de la Potencia Reactiva Capacitiva para el Banco Automático de Capacitores	145
7.3.2	Especificación Técnica de los Componentes del Banco de Capacitores	145
7.4	DIAGRAMA DE CONEXIÓN PARA EL DISEÑO DE ARMADO DEL BANCO DE CAPACITORES	151
7.4.1	Diagrama de Conexión del Banco Central de Capacitores	152
7.4.2	Diseño de Armado del Banco Automático de Capacitores	153
7.4.3	Configuración de Parámetros del Relevador del Factor de Potencia	154
7.5	PLANO DE UBICACIÓN Y CONEXIÓN ELÉCTRICA PRINCIPAL DEL BANCO DE CAPACITORES	155
7.6	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN	157
7.7	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE IMPLEMENTACION	158
7.8	MANTENIMIENTO DEL BANCO DE CAPACITORES	159
7.8.1	Mantenimiento Preventivo	159
7.9	CONDICIONES DE DISEÑO	160
7.10	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL DISEÑO DEL BANCO DE CAPACITORES	160
7.10.1	Tensión de Trabajo	160
7.10.2	Potencia Reactiva Nominal	160
7.11	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OPERACIÓN DEL BANCO CENTRAL AUTOMÁTICO DE CAPACITORES	161
7.12	CONDICIONES DE DISEÑO Y CARACTERISTICAS TÉCNICAS LOS COMPONENTES DEL BANCO DE CAPACITORES	161
7.12.1	Condiciones de Diseño para la Utilización de Capacitores de Potencia	161
7.12.2	Condiciones de Diseño para la Utilización de un Interruptor Principal e Interruptores Termomagnéticos Secundarios	162
7.12.3	Condiciones de Diseño para la Utilización de un Circuito de Control para el Banco de Capacitores Automático	163
7.12.4	Condiciones de Diseño para la Utilización de Dispositivo de Conexión y Desconexión	165
7.12.5	Condiciones de Diseño para la Utilización de un Transformador de Corriente.	165
7.12.6	Condiciones de Diseño para la Utilización de Gabinete	166
7.12.7	Condiciones de Diseño para la Utilización de Cables de Alimentación	167
7.13	CONDICIONES DE FABRICACIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE COMPONENTES DE UN BANCO DE CAPACITORES	167

7.13.1	Capacitores de Potencia	167
7.13.2	Inspección y Pruebas	168
7.13.3	Pruebas de Rutina de Capacitores	168
7.13.4	Pruebas de Prototipo de Capacitores	168
7.14	PLACA DE DATOS TÉCNICOS DE ESPECIFICACIÓN DEL BANCO AUTOMATICO DE CAPACITORES	169
7.15	GARANTÍA	169

## **CAPITULO 8: COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE CAPACITORES**

8.1	INTRODUCCIÓN	170
8.2	INVERSIONES	170
	8.2.1. Inversión Fija	170
	8.2.2 Inversión Diferida	178
8.3	TIEMPO DE RECUPERACION DEL CAPITAL	180

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **BIBLIOGRAFIA**