

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Civil Industrial



**ESTUDIO TÉCNICO Y ECONOMICO DEL REEMPLAZO DE LA
ILUMINACIÓN CONVENCIONAL DE LA ESCUELA DE SAN VICENTE,
TALCAHUANO**

DIEGO ANDRÉS RIVAS RIFFO

**INFORME DE PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL.**

Profesor Guía: Sr. Mauricio González Abrigo.

Profesor Informante: Sr. Jorge Beyer Barrientos.

Concepción, Enero 2017

Resumen

Durante la revisión y observación del consumo eléctrico de los años 2014 y 2015, de todas las escuelas de Talcahuano, se detectó que la escuela San Vicente C-1200, tiene un elevado consumo eléctrico respecto del consumo enunciado en el decreto supremo N°548 del MINEDUC (Ministerio de Educación). Por lo anterior, el presente informe evalúa el reemplazo de la iluminación convencional de la escuela San Vicente C-1200 de Talcahuano, por alguna de las siguientes alternativas.

- Usar el mismo tipo de iluminación actual (Tubos Fluorescentes), pero de una forma más eficiente.
- Reemplazar toda la iluminación actual (Tubos Fluorescentes) por iluminación tipo LED.
- Instalar paneles solares fotovoltaicos que alimenten de electricidad a los Tubos Fluorescentes previamente mejorados, de solo los pasillos y salones de recreación y esparcimiento de la escuela.
- Reemplazar toda la iluminación actual (Tubos Fluorescentes) por iluminación tipo LED y alimentar con electricidad de paneles solares fotovoltaicos sólo los pasillos y salones de recreación y esparcimiento.

Mediante el análisis de reemplazo y el apoyo del análisis de sensibilidad se compara la alternativa defensora (actual) frente a las retadoras (nuevas), siendo seleccionada aquella que arroje menor valor del indicador financiero Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), además de cumplir con los requerimientos técnicos y de calidad necesarios para el correcto funcionamiento de la escuela.

Abstract

During the review and observation of the electricity consumption of the years 2014 and 2015, of all the schools of Talcahuano, it was detected that the school San Vicente C-1200, has a high electricity consumption compared to the consumption enunciated in the Supreme Decree No. 548 of MINEDUC (Ministry of Education). For the above, this report evaluates the replacement of conventional lighting of the San Vicente C-1200 school in Talcahuano, by one of the following alternatives.

- Use the same type of current lighting (Fluorescent Tubes), but in a more efficient way.
- Replace all current lighting (Fluorescent Tubes) with LED lighting.
- Install photovoltaic solar panels that feed electricity to previously improved Fluorescent Tubes, just the hallways and recreation and recreation rooms of the school.
- Replace all current lighting (Fluorescent Tubes) by LED type lighting and power with photovoltaic solar panels only the corridors and recreation and recreation rooms.

By means of the substitution analysis and the support of the sensitivity analysis, the current (defensive) alternative is compared to the challengers (new), with the lowest value of the Financial Equivalent Uniform Cost Equivalent (CAUE) being selected, in addition to complying with The technical and quality requirements necessary for the correct functioning of the school.

Agradecimientos

A mi familia, que me han dado su incondicional amor, fuerza y apoyo.

A mis amigos, que siempre me han dado el espacio para desenvolver mi personalidad.

A mis profesores, por darme una educación sin sesgos.

A Dios, por darme: una familia, amigos, profesores.

Índice de contenidos

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 8 |
| 1.1 Problema del consumo eléctrico en las escuelas..... | 8 |
| 1.2 Solución imaginada para el problema..... | 15 |
| 1.3 Objetivos del proyecto..... | 17 |
| 1.3.1 Objetivo General..... | 17 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos..... | 17 |
| 1.4 Justificación del proyecto..... | 17 |
| 1.5 Delimitación del proyecto..... | 19 |
| CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 21 |
| 2.1 Evaluación de proyectos..... | 21 |
| 2.1.1 Evaluación privada..... | 22 |
| 2.1.2 Evaluación social..... | 22 |
| 2.2 El rol del Estado en la inversión publica..... | 23 |
| 2.3 Análisis de remplazo..... | 25 |
| 2.3.1 Indicador económico..... | 27 |
| 2.4 Tecnologías de iluminación..... | 29 |
| 2.4.1 Iluminación LED..... | 29 |
| 2.4.2 Paneles solares..... | 32 |
| CAPITULO III: METODOLOGIA..... | 35 |
| 3.1 Estudio técnico..... | 35 |
| 3.1.1 Requerimientos lumínicos..... | 35 |
| 3.1.2 Superficie de los sitios de la escuela..... | 37 |
| 3.1.3 Cantidad de tubos LED y fluorescentes por espacio..... | 38 |
| 3.1.4 Operación anual..... | 38 |
| 3.1.5 Dimensionamiento de la instalación de energía solar fotovoltaica..... | 39 |
| 3.1.6 Instalación de las propuestas..... | 45 |
| 3.2 Estudio económico..... | 46 |
| 3.2.1 Ingresos..... | 46 |
| 3.2.2 Capital de trabajo..... | 46 |
| 3.2.3 Depreciación..... | 46 |
| 3.2.4 Impuestos..... | 47 |
| 3.2.1 Horizonte de planificación..... | 47 |

| | |
|---|------------|
| 3.2.2 Tasa social de descuento..... | 47 |
| 3.2.3 Inversión | 47 |
| 3.2.4 Costos..... | 49 |
| 3.2.5 Estructura de los flujos de caja a proyectar | 50 |
| 3.2.6 Valor de desecho..... | 50 |
| 3.2.7 Evaluación económica | 50 |
| 3.2.8 Riesgo e incertidumbre | 50 |
| CAPITULO IV: RESULTADOS..... | 51 |
| 4.1 Estudio técnico | 51 |
| 4.1.1 Superficie de los sitios de la escuela..... | 51 |
| 4.1.2 Requerimientos lumínicos | 56 |
| 4.1.3 Tubo fluorescente convencional | 59 |
| 4.1.4 Tubo LED | 62 |
| 4.1.5 Operación anual de la situación: actual, con tubos fluorescentes iluminación tipo LED | 66 |
| 4.1.6 Dimensionamiento de la instalación de energía solar fotovoltaica..... | 75 |
| 4.1.6.1 Abastecimiento para la iluminación LED..... | 75 |
| 4.1.6.2 Abastecimiento de la iluminación convencional con nuevos parámetros ... | 80 |
| 4.1.6.3 Operación anual para las alternativas que incluyen energía fotovoltaica.... | 84 |
| 4.2 Evaluación económica..... | 85 |
| 4.2.1 Activos fijos..... | 85 |
| 4.2.2 Mano de obra | 85 |
| 4.2.3 Mantenimiento | 87 |
| 4.2.4 Costo operacional anual..... | 87 |
| 4.2.5 Valor de desecho..... | 89 |
| 4.2.6 Tasa social de descuento..... | 92 |
| 4.2.7 Flujo de caja, evaluación social. | 87 |
| 4.2.8 Flujo de caja, evaluación privada | 89 |
| 4.2.7 Indicador económico, evaluación social | 92 |
| 4.2.8 Indicador económico, evaluación privada | 94 |
| 4.2.8 Análisis de sensibilidad | 96 |
| CAPITULO V: EXTERNALIDADES | 98 |
| CAPITULO VI: CONCLUSIÓN..... | 99 |
| CAPITULO VII: BIBLIOGRAFÍA | 100 |

Índice de Tablas

| | |
|--|----|
| TABLA 1: MATRÍCULA DE LAS ESCUELAS DE TALCAHUANO, AL INICIO DEL AÑO 2014. | 9 |
| TABLA 2: MATRICULA DE LAS ESCUELAS DE TALCAHUANO, AL INICIO DEL AÑO 2015. ... | 10 |
| TABLA 3: CONSUMO ELÉCTRICO PROMEDIO ANUAL, AÑO 2014..... | 11 |
| TABLA 4: CONSUMO ELÉCTRICO PROMEDIO ANUAL, AÑO 2015..... | 12 |
| TABLA 5: CONSUMO ELÉCTRICO PROMEDIO ANUAL POR ALUMNO MATRICULADO EL 2014 | 13 |
| TABLA 6: CONSUMO ELÉCTRICO PROMEDIO ANUAL POR ALUMNO MATRICULADO EL 2015 | 14 |
| TABLA 7: NORMAS PARA LA PLANTA FÍSICA DE LOS LOCALES EDUCACIONALES SEGÚN MINEDUC..... | 35 |
| TABLA 8: REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES SANITARIAS Y AMBIENTALES BÁSICAS EN LOS LUGARES DE TRABAJO. | 36 |
| TABLA 9: CONFORT LUMÍNICO SEGÚN LA NORMA UNE EN 12.464 | 36 |
| TABLA 10: RADIACIÓN SOLAR DISPONIBLE SOBRE UNA SUPERFICIE INCLINADA DE ÁNGULO $36,25^{\circ}$, EN LA CIUDAD DE CONCEPCIÓN..... | 40 |
| TABLA 11: FACTORES DE CORRECCIÓN PRECIO SOCIAL MANO DE OBRA..... | 49 |
| TABLA 12: SUPERFICIE Y DENOMINACIÓN DE LOS ESPACIOS DE LA ESCUELA SAN VICENTE DE TALCAHUANO | 54 |
| TABLA 13: LUMINOSIDAD REQUERIDA SEGÚN TIPO DE SALA. | 56 |
| TABLA 14: CANTIDAD DE FLUJO LUMINOSO POR ESPACIO. | 57 |
| TABLA 15: CARACTERÍSTICAS DEL TUBO FLUORESCENTE ACTUAL EN LA ESCUELA | 60 |
| TABLA 16: TUBOS FLUORESCENTES POR ESPACIO EN LA ESCUELA | 60 |
| TABLA 17: CARACTERÍSTICAS DEL TUBO LED..... | 63 |
| TABLA 18: TUBOS LED POR ESPACIO DE LA ESCUELA SAN VICENTE | 63 |
| TABLA 19: CONSUMO ENERGÉTICO DIARIO, SITUACIÓN ACTUAL..... | 66 |
| TABLA 20: CONSUMO ENERGÉTICO DIARIO, ALTERNATIVA 1 | 69 |
| TABLA 21: CONSUMO ENERGÉTICO DIARIO, ALTERNATIVA 2. | 72 |
| TABLA 22: CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS Y PRECIO DEL MODULO SOLAR..... | 78 |
| TABLA 23: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL MODULO SOLAR | 78 |

| | |
|--|----|
| TABLA 24: RESUMEN DE INSTRUMENTOS FOTOVOLTAICOS NECESARIOS PARA ABASTECER LA ILUMINACIÓN LED DE LOS PASILLOS Y HALL'S DE LA ESCUELA..... | 80 |
| TABLA 25: INSTRUMENTOS FOTOVOLTAICOS PARA ABASTECER LA LUMINARIA FLUORESCENTE DE LOS PASILLOS Y HALL'S DE LA ESCUELA | 84 |
| TABLA 26: CONSUMO ENERGÉTICO DIARIO, ALTERNATIVA 3 Y 4. | 84 |
| TABLA 27: ACTIVOS FIJOS POR CADA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN | 85 |
| TABLA 28: FACTORES DE CORRECCIÓN PRECIO SOCIAL MANO DE OBRA..... | 85 |
| TABLA 29: COSTOS DE MANO DE OBRA SEGÚN COTIZACIÓN, EVALUACIÓN PRIVADA. | 86 |
| TABLA 30: PRECIOS SOCIALES POR ALTERNATIVA | 86 |
| TABLA 31: MANTENCIÓN MENSUAL POR ALTERNATIVA..... | 87 |
| TABLA 32: COSTO OPERACIONAL ANUAL DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN | 88 |
| TABLA 33: PRECIO DE REVENTA DE ACTIVOS FIJOS AL FINAL DEL HORIZONTE DE PLANIFICACIÓN. | 89 |
| TABLA 34: MONTO DE REVENTA DE LAS ALTERNATIVAS AL CABO DEL HORIZONTE DE PLANIFICACIÓN | 90 |
| TABLA 35: COSTO DE MERCADO POR REVENTA. | 90 |
| TABLA 36: PRECIO SOCIAL POR REVENTA..... | 91 |
| TABLA 37: INGRESO POR REVENTA, EVALUACIÓN SOCIAL..... | 91 |
| TABLA 38: INGRESO POR REVENTA, EVALUACIÓN PRIVADA. | 91 |
| TABLA 39: PRECIO DE REVENTA DE LA LUMINARIA ACTUAL, POR ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN | 92 |
| TABLA 40: DATOS RESUMIDOS PARA EL CÁLCULO DEL CAUE, EVALUACIÓN SOCIAL..... | 92 |
| TABLA 41: COSTO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE PARA LA SITUACIÓN ACTUAL Y LAS ALTERNATIVAS RETADORAS, EVALUACIÓN SOCIAL..... | 93 |
| TABLA 42: DATOS RESUMIDOS PARA EL CÁLCULO DEL CAUE, EVALUACIÓN PRIVADA ... | 94 |
| TABLA 43: ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE PARA LA SITUACIÓN ACTUAL Y LAS ALTERNATIVAS RETADORAS, EVALUACIÓN PRIVADA. | 95 |
| TABLA 44: VARIACIÓN DEL PRECIO DE LA ELECTRICIDAD..... | 96 |
| TABLA 45: COSTO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR ALTERNATIVA SEGÚN LA VARIACIÓN DEL PRECIO DE LA ELECTRICIDAD..... | 96 |
| TABLA 46: CAUE SEGÚN LA VARIACIÓN DEL PRECIO DE LA ELECTRICIDAD. | 96 |

Índice de imágenes

| | |
|---|----|
| IMAGEN 1: CONSTITUCIÓN DE UN DIODO EMISOR DE LUZ | 30 |
| IMAGEN 3: EFICIENCIA DE LÁMPARAS CONVENCIONALES Y LED'S | 31 |
| IMAGEN 4: FUNCIONAMIENTO DE UNA CELDA SOLAR..... | 33 |
| IMAGEN 5: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA UN HOGAR..... | 40 |
| IMAGEN 6: GENERACIÓN EN CORRIENTE CONTINUA, EN SISTEMA AUTÓNOMO. | 41 |
| IMAGEN 7: DE UNA CELDA A UN ARREGLO SOLAR..... | 43 |
| IMAGEN 8: CUENTA DE LUZ DE LA ESCUELA SAN VICENTE C-1200 | 88 |

Índice de Gráficos

| | |
|---|----|
| GRAFICO 1: PRECIO DE LA ELECTRICIDAD EN EL TIEMPO..... | 18 |
| GRAFICO 2: CAUE PARA LA VARIACIÓN DEL PRECIO DE LA ELECTRICIDAD | 97 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| FIGURA 1: FORMULA PARA CALCULAR EL COSTO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE. | 28 |
| FIGURA 2: EXPRESIÓN PARA CALCULAR EL PRECIO SOCIAL DE LA MANO DE OBRA..... | 48 |

Índice de ecuaciones

| | |
|---|----|
| ECUACIÓN 1: ECUACIÓN PARA OBTENER LA LUZ NECESARIA POR ESPACIO DE LA ESCUELA, FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA..... | 37 |
| ECUACIÓN 2: ECUACIÓN PARA ENCONTRAR CANTIDAD DE TUBOS POR ESPACIO DE LA ESCUELA, FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA..... | 38 |
| ECUACIÓN 3: ECUACIÓN PARA CALCULAR LA ENERGÍA CONSUMIDA DIARIA PARA LA ALTERNATIVA 3 | 39 |
| ECUACIÓN 4: ECUACIÓN PARA CALCULAR EL CONSUMO ENERGÉTICO DIARIO DE LA ALTERNATIVA 4 | 39 |
| ECUACIÓN 5: ECUACIÓN PARA ENCONTRAR EL NÚMERO DE BATERÍAS EN SERIE..... | 42 |
| ECUACIÓN 6: ECUACIÓN PARA ENCONTRAR EL VOLTAJE DE DISEÑO DEL BANCO DE BATERÍAS..... | 42 |

| | |
|--|----|
| ECUACIÓN 7: ECUACIÓN PARA CALCULAR LA ENERGÍA QUE DEBEN ALMACENAR EL BANCO DE BATERÍAS..... | 42 |
| ECUACIÓN 8: ECUACIÓN PARA ENCONTRAR EL NÚMERO DE BATERÍAS EN PARALELO | 43 |
| ECUACIÓN 9: ECUACIÓN PARA ENCONTRAR EL NÚMERO TOTAL DEL BANCO DE BATERÍAS. | 43 |
| ECUACIÓN 10: ECUACIÓN PARA ENCONTRAR LA DEMANDA DE CORRIENTE DIARIA ACUMULADA..... | 44 |
| ECUACIÓN 11: ECUACIÓN PARA ENCONTRAR LA CORRIENTE QUE PUEDE APORTAR EL ARREGLO FOTOVOLTAICO. | 44 |
| ECUACIÓN 12: ECUACIÓN PARA ENCONTRAR LA CORRIENTE QUE OTORGAN LOS MÓDULOS SOLARES CONECTADOS EN PARALELO. | 44 |
| ECUACIÓN 13: ECUACIÓN PARA ENCONTRAR EL NÚMERO DE MÓDULOS SOLARES CONECTADOS EN PARALELO..... | 44 |
| ECUACIÓN 14: ECUACIÓN PARA ENCONTRAR EL NÚMERO DE MÓDULOS SOLARES CONECTADOS EN SERIE. | 44 |
| ECUACIÓN 15: ECUACIÓN PARA ENCONTRAR EL NÚMERO TOTAL DE MÓDULOS SOLARES | 44 |
| ECUACIÓN 16: ECUACIÓN PARA ENCONTRAR EL NÚMERO DE REGULADORES DE CARGA.. | 45 |
| ECUACIÓN 17: ECUACIÓN PARA ENCONTRAR LA CORRIENTE MÍNIMA QUE PASA POR EL REGULADOR DE CARGA. | 45 |
| ECUACIÓN 18: ECUACIÓN PARA ENCONTRAR LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO. | 45 |
| ECUACIÓN 19: ECUACIÓN PARA CALCULAR EL PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DESDE LA RED. | 49 |

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1 Problema del consumo eléctrico en las escuelas.

El problema se descubre al realizar un diagnóstico de gastos, en particular el de electricidad, ya que luego de observar dos años del comportamiento de las cuentas de luz y las matrículas del año 2014 y 2015 y comparando los promedios de los consumos eléctricos por alumno matriculado, se encontró que hay anomalías en cuanto a la proporción de consumo energético por alumno.

Para hacer un diagnóstico del consumo eléctrico de las escuelas, se registran y observan tanto las cuentas de luz como las matrículas, con el fin de identificar aquella o aquellas escuela(s) que necesite(n) solucionar alguna anomalía en el consumo de energía eléctrica.

De las cuentas de luz registradas se toma el dato de energía activa consumida, que es la corriente eléctrica que se desplaza entre dos puntos, cuando existe una diferencia de potencial entre ellos, esta energía se mide en KWh. Por otro lado, no se registra la energía reactiva, energía que existe cuando se hacen funcionar receptores que dependen para su activación de campos magnéticos, y su unidad de medida es el KVarh.

Actualmente no hay un registro del detalle de la cuenta de luz, solo se lleva el pago mensual, es por ello que se toma el dato energía activa consumida mensual de las cuentas de luz.

El Departamento de Administración de Educación Municipal (DAEM) de la comuna de Talcahuano administra todos los establecimientos educacionales formales, que son financiados por el estado y que pertenecen a la comuna. La observación del comportamiento energético se realiza a las 26 escuelas existentes en la ciudad puerto, de las cuales la mayoría son escuelas convencionales, a excepción de la escuela Centro Alonkura, que es una escuela que admite alumnos con diferentes niveles de capacidad.

Las matrículas de las escuelas difieren según su capacidad y demanda de las poblaciones aledañas, en las tablas 1 y 2 se muestra la cantidad de alumnos matriculados al empezar el año académico.

Tabla 1: Matrícula de las escuelas de Talcahuano, al inicio del año 2014.

| Código | Nombre de la escuela | Cantidad de cursos | Matricula |
|--------|----------------------|--------------------|-----------|
| F-510 | San Francisco | 29 | 1151 |
| D-483 | Dama Blanca | 28 | 903 |
| D-482 | México | 20 | 652 |
| D-508 | Los Cóndores | 19 | 587 |
| D-461 | Santa Leonor | 21 | 548 |
| E-485 | Cruz del Sur | 18 | 530 |
| F-1224 | Los Lobos | 19 | 460 |
| C-1300 | Nueva los Lobos | 19 | 449 |
| E-497 | Corneta Cabrales | 19 | 419 |
| D-460 | Arturo Prat Chacón | 15 | 393 |
| E-486 | Anita Serrano | 13 | 333 |
| D-487 | Simons | 13 | 332 |
| C-1400 | Villa Centinela | 13 | 316 |
| D-506 | Huachipato | 13 | 298 |
| D-484 | Villa Independencia | 13 | 297 |
| F-495 | Caleta Tumbes | 10 | 237 |
| E-492 | Libertad | 11 | 228 |
| D-505 | Las Higueras | 10 | 204 |
| F-493 | Buena Vista | 10 | 188 |
| F-509 | Santa Clara | 10 | 182 |
| F-500 | Huertos Familiares | 10 | 169 |
| C-1200 | San Vicente | 10 | 166 |
| D-475 | Diego Portales | 10 | 151 |
| F-490 | Cerro Cornou | 10 | 143 |
| F-502 | Cerro Zaror | 10 | 115 |
| F-511 | Centro Alonkura | 6 | 66 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos entregados por el DAEM de Talcahuano.

Tabla 2: Matricula de las escuelas de Talcahuano, al inicio del año 2015.

| Código | Nombre de la escuela | Cantidad de cursos | matricula |
|--------|----------------------|--------------------|-----------|
| F-510 | San Francisco | 30 | 1149 |
| D-483 | Dama Blanca | 28 | 835 |
| D-482 | México | 20 | 640 |
| D-508 | Los Cóndores | 19 | 555 |
| E-485 | Cruz del sur | 19 | 495 |
| D-461 | Santa Leonor | 20 | 485 |
| C-1300 | Nueva los lobos | 18 | 472 |
| F-1224 | Los Lobos | 19 | 443 |
| E-497 | Corneta Cabrales | 19 | 442 |
| D-460 | Arturo Prat Chacón | 14 | 364 |
| E-486 | Anita Serrano | 14 | 363 |
| C-1400 | Villa Centinela | 12 | 316 |
| D-487 | Simons | 12 | 306 |
| D-484 | Villa Independencia | 12 | 283 |
| D-506 | Huachipato | 22 | 282 |
| E-492 | Libertad | 11 | 244 |
| F-495 | Caleta Tumbes | 10 | 237 |
| D-505 | Las higueras | 10 | 201 |
| F-509 | Santa Clara | 10 | 185 |
| F-493 | Buena Vista | 10 | 179 |
| C-1200 | San Vicente | 10 | 179 |
| D-475 | Diego Portales | 10 | 151 |
| F-490 | Cerro Cornou | 10 | 149 |
| F-500 | Huertos familiares | 10 | 144 |
| F-502 | Cerro Zaror | 10 | 113 |
| F-511 | Centro Alonkura | 6 | 65 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos entregados por el DAEM de Talcahuano.

A continuación, en las tablas 3 y 4 se muestra el consumo de energía eléctrica promedio anual por escuela.

Tabla 3: Consumo eléctrico promedio anual, año 2014

| Escuela | Consumo eléctrico (KWh) promedio anual |
|---------------------|---|
| San Vicente | 7145 |
| San Francisco | 6858 |
| Diego Portales | 5736 |
| Arturo Prat Chacón | 5312 |
| Santa Leonor | 5087 |
| Villa Centinela | 4980 |
| Villa Independencia | 4935 |
| Cruz del Sur | 4371 |
| Dama Blanca | 4125 |
| Centro Alonkura | 3946 |
| Simons | 3900 |
| Libertad | 3567 |
| Nueva los lobos | 3556 |
| Corneta Cabrales | 3368 |
| Los Lobos | 3225 |
| Huachipato | 3164 |
| Anita Serrano | 2948 |
| México | 2939 |
| Las Higueras | 2704 |
| Santa Clara | 2668 |
| Caleta tumbes | 2447 |
| Huertos Familiares | 2030 |
| Cerro Cornou | 1397 |
| Buena Vista | 1037 |
| Cerro Zaror | 582 |
| Los Cóndores | 0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de las cuentas de luz del año 2014.

De la tabla 3 se observa que la escuela Los Cóndores no tiene consumo energético, esto es porque durante ese año el establecimiento fue remodelado y las cuentas de luz no están registradas. Por otro lado, cabe destacar el alto consumo de la escuela de San Vicente. El consumo promedio total anual de las escuelas de Talcahuano es de 92.027 KWh.

Tabla 4: Consumo eléctrico promedio anual, año 2015.

| Escuela | Consumo eléctrico (KWh) promedio anual |
|---------------------|---|
| San Vicente | 5616 |
| San Francisco | 5298 |
| Simons | 4802 |
| Arturo Prat Chacón | 4458 |
| Diego Portales | 4089 |
| Santa Leonor | 3922 |
| Villa Independencia | 3820 |
| Villa Centinela | 3579 |
| Cruz del Sur | 3555 |
| Dama Blanca | 3471 |
| Centro Alonkura | 3450 |
| Nueva los Lobos | 3303 |
| Libertad | 3017 |
| Corneta Cabrales | 2900 |
| Huachipato | 2748 |
| Los Lobos | 2539 |
| Santa Clara | 2499 |
| Anita Serrano | 2435 |
| México | 2334 |
| Las Higueras | 2290 |
| Huertos familiares | 2131 |
| Caleta Tumbes | 1662 |
| Cerro Cornou | 1399 |
| Buena Vista | 1089 |
| Cerro Zaror | 594 |
| Los Cóndores | 0 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de la cuenta de luz.

De la tabla 4 se observa que al igual que en el año 2014 la escuela con mayor consumo eléctrico (KWh) fue la escuela de San Vicente. Además la escuela San Francisco mantiene el segundo lugar en cantidad de energía consumida durante el año. Por otro lado el establecimiento Los Cóndores no tiene registros del consumo pues al igual que en el año 2014 este establecimiento fue remodelado.

Lo que se desprende aparentemente de las tablas 3 y 4 es que las escuelas varían en consumo anual energético, y que durante el 2014 y 2015 las escuelas: San Vicente, San Francisco, Arturo Prat Chacón y Diego Portales, tuvieron los mayores consumos de energía activa. Ahora bien, el indicador que nos dice quien podría tener problemas en el consumo energético es el promedio anual energético dividido por la cantidad de

alumnos matriculados al iniciar el año escolar, pues es lógico que a mayor cantidad de alumnos, mayor sea el consumo de electricidad.

A continuación se muestran las tablas 5 y 6 donde se muestra el consumo de energía eléctrica anual promedio por alumnos matriculados.

Tabla 5: Consumo eléctrico promedio anual por alumno matriculado el 2014

| Escuela | Consumo eléctrico promedio anual por cantidad de alumnos (KWh anual/alumno) |
|---------------------|---|
| Centro Alonkura | 60 |
| San Vicente | 43 |
| Diego Portales | 38 |
| Villa Independencia | 17 |
| Libertad | 16 |
| Villa Centinela | 16 |
| Santa Clara | 15 |
| Arturo Prat Chacón | 14 |
| Las Higueras | 13 |
| Simons | 12 |
| Huertos Familiares | 12 |
| Huachipato | 11 |
| Cerro Cornou | 10 |
| Caleta Tumbes | 10 |
| Santa Leonor | 9 |
| Anita Serrano | 9 |
| Cruz del Sur | 8 |
| Corneta Cbrales | 8 |
| Nueva los Lobos | 8 |
| Los Lobos | 7 |
| Buena Vista | 6 |
| San Francisco | 6 |
| México | 5 |
| Dama blanca | 5 |
| Cerro Zaror | 5 |
| Los Cóndores | 0 |

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 5 se aprecia que las escuelas: Centro Alonkura, San Vicente y Diego Portales tienen consumos alejados del promedio que es de un 14,52 kWh/alumno,

La escuela San Vicente durante los años 2014 y 2015 tuvo el mayor consumo energético anual, además es uno de los más altos consumidores por cantidad de alumno matriculado. El indicador nos arroja que cada alumno, en promedio, consume

anualmente 43 KWh. Al comparar, por ejemplo, con la escuela Buena Vista, que tienen una cantidad de alumnos matriculados similares (166 y 188 respectivamente), el consumo es notoriamente distinto ya que por un lado tenemos a la escuela de San Vicente que por alumno anualmente consume 43 KWh y por otro tenemos la escuela Buena Vista que solo consume anualmente, 6 KWh. Por alumno. Es decir cada alumno de la escuela Buena Vista consume en promedio solo el 13.9 % de lo que consume un alumno en la escuela de San Vicente.

Tabla 6: Consumo eléctrico promedio anual por alumno matriculado el 2015

| Escuela | Consumo eléctrico promedio anual por cantidad de alumnos (KWh anual/alumno) |
|---------------------|---|
| Centro Alonkura | 53 |
| San Vicente | 31 |
| Diego Portales | 27 |
| Simons | 16 |
| Huertos Familiares | 15 |
| Santa Clara | 14 |
| Villa Independencia | 13 |
| Arturo Prat Chacón | 12 |
| Libertad | 12 |
| Las Higueras | 11 |
| Villa Centinela | 11 |
| Huachipato | 10 |
| Cerro Cornou | 9 |
| Santa Leonor | 8 |
| Cruz del Sur | 7 |
| Anita Serrano | 7 |
| Caleta Tumbes | 7 |
| Corneta Cabrales | 7 |
| Nueva los Lobos | 7 |
| Buena Vista | 6 |
| Los Lobos | 6 |
| Cerro Zaror | 5 |
| San Francisco | 5 |
| México | 4 |
| Dama Blanca | 4 |
| Los Cóndores | 0 |

Fuente: Elaboración propia.

Luego de observar las tablas 3, 4, 5 y 6, la escuela recomendada para enfocar un proyecto de ahorro energético es la escuela San Vicente C-1200 (excluyendo al Centro Alonkura que usa otros parámetros), pues tiene el mayor consumo eléctrico anual durante los años analizados y el mayor consumo por alumno, razón por lo que es necesario intervenir y proponer alternativas de solución al problema presentado.

Dado entonces que en la escuela de San Vicente hay un gasto eléctrico desproporcionado, comparado con el resto de las otras escuelas, se analiza el cambio o el reemplazo de la iluminación convencional existente.

Dada la cantidad de consumo de la escuela comparada con la cantidad de alumnos, se hace necesario el cuestionamiento de la actual iluminación, pues a priori podemos deducir que las dependencias de la escuela están sobre dimensionadas en iluminación.

1.2 Solución imaginada para el problema.

Como solución al problema identificado se cree conveniente reemplazar la luminaria convencional por luminaria alternativa. En este sentido, se plantea el uso del mismo tipo de iluminación existente en el colegio pero reducirla en espacios y reemplazar la luminaria actual por iluminación LED. Además se cree conveniente comparar la iluminación eléctrica autónoma por paneles solares fotovoltaicos.

La tecnología del tipo LED es una que no existe en la escuela San Vicente. Este tipo de iluminación es particularmente más eficiente que cualquier otro es decir, cumple el mismo objetivo pero utilizando menos energía eléctrica. Sin embargo, la iluminación LED es una de las tecnologías actualmente más cara en el mercado y por lo tanto se hace necesario evaluar su factibilidad técnica y económica.

Los módulos de paneles solares fotovoltaicos, son un mecanismo por el cual se genera electricidad a partir de la energía solar, siendo esta es su principal característica, ya que después de realizar la inversión en la adquisición de lo necesario en cuanto a su funcionalidad, se elimina el costo del consumo eléctrico desde la red pública.

Cuando se compara el consumo de energía por alumno matriculado de las escuelas de la comuna de Talcahuano, la escuela San Vicente es la que más se destaca por su alto consumo eléctrico por alumno. Es por ello que se hace necesario plantear

propuestas que disminuyan el gasto en electricidad y al mismo tiempo aseguren calidad y eficiencia.

Las propuestas que a continuación se muestran son iniciativas que buscan disminuir el consumo eléctrico en solo la iluminación de la escuela.

- La primera propuesta es: Usar el mismo tipo de iluminación actual (Tubos Fluorescentes), pero de una forma más eficiente, con nuevos parámetros de iluminación, pues puede ser que la actual instalación no permita una iluminación adecuada y/o no cumpla con los estándares.
- La segunda iniciativa es: Reemplazar toda la iluminación actual (Tubos Fluorescentes) por iluminación tipo LED. Esta iniciativa se impulsa debido a que la luminaria LED, es la más eficiente, y consume menos energía.
- La tercera propuesta es: Instalar paneles solares fotovoltaicos que alimenten de electricidad a los actuales Tubos Fluorescentes, previamente mejorados, de solo los pasillos y salones de recreación y esparcimiento de la escuela.
- La cuarta alternativa es: Reemplazar toda la iluminación actual (Tubos Fluorescentes) por iluminación tipo LED y alimentar con electricidad de paneles solares fotovoltaicos sólo los pasillos y salones de recreación y esparcimiento.

Las propuestas de solución mencionadas cuestionan la calidad de iluminación actual de la escuela, buscando a su vez disminuir el consumo eléctrico desde la red, con el uso de nuevas tecnologías y modificación parcial de la actual instalación. Todo esto con el objetivo de disminuir a largo plazo el desembolso general en iluminación.

Para saber con exactitud si las alternativas anteriormente nombradas son factibles tanto técnica como económicamente, es fundamental que el actual proyecto se fije objetivos, que vayan en búsqueda de su viabilidad tanto en su calidad como en lo económico.

A partir de estas dos tecnologías mencionadas (iluminación LED y energía solar fotovoltaica) y un nuevo planteamiento de la actual iluminación, en el próximo capítulo se presentan las alternativas de solución con el objetivo esencial de disminuir el consumo eléctrico de la escuela, sin perder la calidad lumínica que debe poseer un establecimiento educacional.

1.3 Objetivos del proyecto

Como se mencionó anteriormente, las propuestas o mejoras se enmarcan en el reemplazo de la iluminación actual, y por lo tanto los objetivos buscan evaluar si es viable el cambio en económicos y sociales.

Es sumamente importante que las propuestas de reemplazo sean evaluadas tanto en lo técnico como en lo económico, ya que de esa forma se podrá discernir si es conveniente realizar un cambio en la iluminación actual o simplemente dejar la situación tal y como esta.

Por lo anterior, los objetivos del proyecto son:

1.3.1 Objetivo General

Evaluar la factibilidad técnica y económica del reemplazo de la iluminación convencional de la escuela San Vicente ubicada en Talcahuano, por iluminación alternativa.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Determinar los requerimientos lumínicos de todos los sectores de la escuela.
2. Dimensionar la implementación de las propuestas de solución.
3. Estimar los flujos de caja relacionados con la situación actual de la escuela y la instalación de las propuestas de solución.
4. Seleccionar la alternativa más conveniente.

1.4 Justificación del proyecto.

Realizar el estudio de factibilidad tanto de lo técnico como de lo económico de las propuestas de solución, lo que permite tener un instrumento de decisión que determina si las alternativas en estudio, solucionan o no el problema actual de la escuela, que es el consumo excesivo de electricidad.

Con respecto a la evaluación técnica de las alternativas de reemplazo, es fundamental que estas se realicen, pues la iluminación de la escuela debiera ser de acuerdo al Decreto 548 del Mineduc, en este sentido se debe iluminar todas los espacios de forma optima, cumpliendo con los estándares necesarios de iluminación.

Cumplir con la evaluación técnica tiene por objeto proveer información para cuantificar el monto de las inversiones y el monto de los costos de operación, pertinentes a esta área (Sapag, 1995). Es importante esta parte del proyecto pues nos permite plasmar qué es necesario para la implementación de las propuestas de solución, y nos da un indicador real para saber si es económicamente conveniente. El análisis de estos mismos antecedentes hará posible cuantificar las necesidades de mano de obra por nivel de especialización.

Otro influyente factor en la parte económica, es la energía eléctrica, obtenida desde la red pública, la cual ha incrementado considerablemente su precio en Chile, según los datos del CNE (Comisión Nacional de Energía), lo que implica un mayor costo por consumir este tipo de energía. Por lo que evaluar económicamente el proyecto se hace imprescindible.

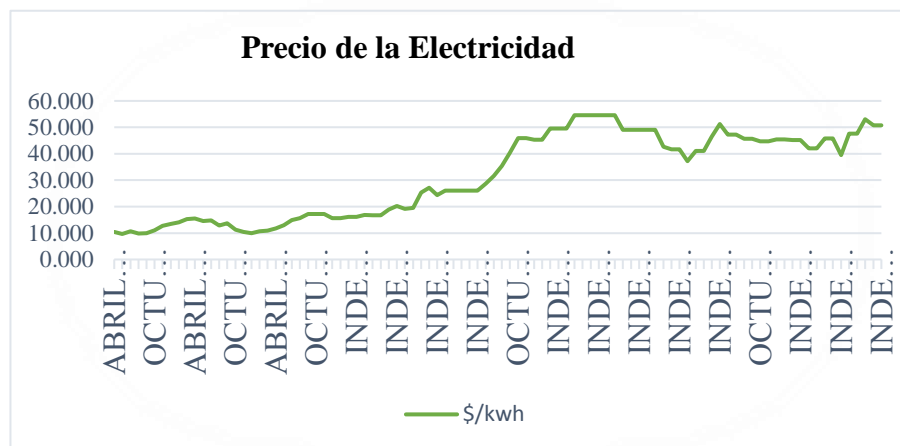


Grafico 1: Precio de la electricidad en el tiempo.

El precio de la electricidad afecta los costos operacionales de la actual situación en la escuela y también a las nuevas propuestas de solución y su evaluación económica de la misma escuela.

Los objetivos de la evaluación financiera son ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporciona la evaluación técnica, y elaborar cuadros analíticos que permitan la comparación de las distintas alternativas del proyecto propuesto (Sapag, 1995).

La evaluación económica del cambio de la luminaria convencional es ejecutada mediante la técnica de análisis de reemplazo la cual responde a la pregunta de qué propuesta es la mejor en términos monetarios (Blank, 1992)

1.5 Delimitación del proyecto

Las alternativas de ahorro buscan mejoras económicas en lo que respecta a la iluminación de la escuela, dejando fuera el posible ahorro general de electricidad, como por ejemplo: Optimizar el uso de computadores, desconectando los equipos al terminar la jornada, Preocuparse se apagar luces en aquellas salas no ocupadas,... etc. O sea, solo se analiza el posible ahorro eléctrico mediante mejoras en la iluminación total de la escuela.

Por lo mismo se hace una estimación del consumo actual de toda la luminaria del establecimiento, contabilizando una cantidad fija de tiempo en el uso de las salas, con ello se puede comparar la situación actual versus las propuestas de solución.

Las propuestas de solución, a priori son mejores en eficiencia energética, y en ese sentido son amigables con el medio ambiente. Sin embargo, el instrumento que decide es un indicador económico y este parámetro es el que acepta o rechaza la propuesta, pues los problemas económicos que se arraigan en la escuela es lo que se intenta solucionar y bajo este parámetro solo lo monetario decide si una propuesta es mejor que otra, sin olvidar que se debe cumplir con los estándares de calidad necesarios.

Si bien el proyecto es del tipo pre factibilidad, en este proyecto solo se analizan los estudios técnicos y económicos, dejando de lado el de mercado.

En el estudio técnico se analiza y estudia cuantas luminarias LED y Tubos Fluorescentes son necesarios para que la escuela cumpla con una correcta iluminación.

Para la instalación de paneles solares, debemos conocer el requerimiento energético y en base a este, se hace la estimación de cuánta energía hay que generar.

Dentro del estudio técnico se evalúa sólo un tipo de activo en el mercado (Ejemplo: un tubo LED, un módulo solar, etc.), para la instalación de paneles solares y para la iluminación LED, además no se considera cómo irán distribuidos en las salas de la escuela.

Para la evaluación de factibilidad se toma en cuenta los materiales de las tecnologías esenciales de las propuestas: Tubos LED, módulos solares, baterías, y reguladores de carga, además la mano de obra que implica instalar estas tecnologías. No se considera los materiales anexos como son: cables, nuevos medidores, pasa cables etc.

No se considerará en este estudio el o los impactos que puedan ocurrir en el uso de la tecnología LED y la energía fotovoltaica.

Por último, para el estudio financiero, el horizonte de planificación del proyecto será de 7 años y su tasa descuento asumirá el valor de la tasa social de descuento.

CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Evaluación de proyectos

La evaluación de un proyecto, hecha de acuerdo a criterios que comparan flujos de beneficios y costos, permite determinar si conviene realizar un proyecto; es decir, si es o no rentable.

Al evaluar, se debe decidir en cuanto al tamaño más adecuado del proyecto. El estudio de mercado, técnico y económico, entregan la información necesaria para estimar los flujos esperados de ingresos y costos que se producirán durante la vida útil del proyecto. La evaluación sólo considera los flujos de beneficios y costos reales atribuibles al proyecto. Cabe recalcar que, al decidir sobre la ejecución de un proyecto, no deben tomarse en cuenta los flujos pasados ni las inversiones existentes. En presencia de varias alternativas de inversión, la evaluación es un medio útil para fijar un orden de prioridad entre ellas, seleccionando los proyectos más rentables y descartando los que no lo sean, a fin de llegar a una eficiente asignación de recursos.

Las circunstancias, o marco de referencia, que guían la evaluación, pueden afectar intereses de distintas unidades económicas. Es posible dividir éstas en dos categorías: la primera corresponde al interés de un individuo, firma o empresa, institución, etc. A la evaluación que se realiza dentro de esta categoría, o sea, según el marco de referencia del interés o beneficio individual, se la denomina evaluación privada de proyectos. La segunda categoría, en cambio, corresponde a un grupo social que, generalmente, se define territorialmente: zona, región, país, etc. La evaluación enmarcada por el interés de la comunidad se denomina evaluación social de proyectos.

En la etapa de evaluación, corresponde definir:

- la situación base o "situación sin proyecto", con el fin de compararla con cada una de las alternativas del proyecto propuesto, determinando así los proyectos incrementables por evaluar
- Identificación y valoración monetaria de los ítems que representan beneficios y costos atribuibles al proyecto.
- Evaluación de los proyectos, aplicando criterios de evaluación basados en los indicadores de rentabilidad que se obtengan y adoptar una decisión acerca de su ejecución. (VAN, TIR, VAC, CAUE)

2.1.1 Evaluación privada

La evaluación privada compara los flujos de ingresos y los costos que afectan exclusivamente a un proyecto. Estos flujos se determinan utilizando precios de mercado.

Existen dos enfoques de evaluación privada. El primero es la evaluación privada tradicional que permite determinar, sobre la base de los flujos de ingresos y costos económicos, la bondad de un proyecto; es decir, si es rentable o no. Es importante anotar que en esta evaluación se supone que los costos de inversión y operación se financian con un 100% de capital propio. El segundo enfoque de evaluación privada es el financiero, que permite medir la rentabilidad del capital propio invertido por el agente promotor del proyecto ante diversas alternativas de financiamiento. Este segundo enfoque evaluador se diferencia del primero porque considera como un ingreso el préstamo y, como costos, los intereses y la amortización de ese préstamo. Estos últimos son costos financieros

2.1.2 Evaluación social

Los criterios que se usan en la evaluación social de proyectos, para tomar una decisión sobre cuáles se deben llevar a cabo, son fundamentalmente los mismos que deben emplearse en la evaluación privada.

La diferencia sustancial entre la evaluación social y la privada es que para la primera los precios de mercado, determinantes de ingresos y de costos, no necesariamente miden en forma adecuada los beneficios y los costos sociales.

En presencia de mercados de competencia perfecta ambas evaluaciones coinciden. La ausencia de distorsiones y situaciones externas hace que no exista discrepancia entre beneficios y costos marginales sociales, de modo que los precios de mercado y, por lo tanto, los beneficios y costos privados coincidirán con los respectivos beneficios y costos sociales.

Las distorsiones que se incorporan a los valores de mercado son absorbidas y percibidas por las unidades económicas y, por tanto, son consideradas en sus cálculos de ingresos y costos.

La presencia de externalidades también hace diferir la evaluación privada de la social. Corresponde a los beneficios o costos que un proyecto hace gravitar sobre terceros y que no se observan como beneficios o costos por las unidades económicas encargadas de ese proyecto.

Tales razones hacen modificar los precios de mercado a fin de expresar el valor social que tendría en presencia de distorsiones. Los precios sociales más utilizados en la evaluación son los de las divisas, del capital y de la mano de obra.

2.2 El rol del Estado en la inversión pública

El objetivo primordial del sistema de inversión público es concretar las oportunidades de inversión más rentables en lo económico y social, siguiendo el lineamiento de la política de gobierno, que en un país democrático como el de Chile, representa el interés de la mayoría.

El rol del Estado Chileno es fomentar proyectos que renten en lo social y en lo económico, con escasos recursos, eso conlleva a que los fondos del país sean destinados a proyectos que impulsen el crecimiento del país y al mismo tiempo tener una economía sólida. En este sentido el estado debe invertir de forma eficiente y coordinada; trabajar en conjunto con el sector privado, de esa forma se puede tener fuerza en los proyectos.

El Estado debe estar atento a la necesidad de inversión, debiendo generar continuamente proyectos, evaluarlos y calificar su prioridad. El propósito es tener una cartera de proyectos económica y socialmente rentables.

El sistema nacional de inversiones (SNI) es el marco técnico, institucional y legal por cual se lleva a cabo el proceso de inversión, el SIN esta formado por las políticas de inversión pública, instituciones, personal técnico, leyes y herramientas metodológicas.

A nivel comunal el SNI se compone de la Municipalidad, que es asesorada por el Consejo de desarrollo comunal y la Secretaria comunal de planificación. De forma paralela la Municipalidad es administrada, en el marco de los proyectos, por la dirección de obras.

El SIN comprende los estados de pre inversión, inversión y operación con el fin de mantener un flujo permanente de proyectos con sendos grados de madurez.

El instrumento que se hace necesario analizar, para comprender las inversiones sociales es:

Sistema de estadísticas básicas de inversión (SEBI): El SEBI tiene como objetivo orientar la toma de decisiones hacia los proyectos socioeconómicos más rentables, el cual es administrado por el Ministerio de planificación y cooperación (MIDEPLAN) a través de su departamento de inversiones.

Dentro de sus principales tareas se destacan:

- Coordinar las acciones que en materia de inversiones que en materia de inversiones desarrollan las instituciones publicas.
- Establecer las normas para presentar los proyectos de pre inversión, las de inversión y la presentación.
- Determinar los precios sociales de los factores básicos.
- Prestar asesoría técnico económica a la Dirección de presupuestos (DIPRES).

La Aplicación del (SEBI) se inicia cuando el Ministerio de Hacienda y el MIDEPLAN envían a las instituciones publicas el documento de “procedimientos y formularios para el Sistema de Estadísticas Básicas de Inversión” este documento contiene la lista de precios sociales vigentes y los instructivos pertinentes para la preparación de los formularios (Fichas SEBI). Las fichas SEBI son un resumen del proyecto en estudio.

Luego que la aplicación del SEBI es recibida por las instituciones publicas, las instituciones deben hacer los estudios de pre inversión y completar los instructivos respectivos. Finalizada esta tarea los proyectos son enviados a MIDEPLAN para su inscripción en el SEBI el cual es analizado técnico y económicamente de modo que queden en condiciones de postular a financiamiento.

MIDEPLAN realiza la evaluación técnica y económica, cuidando que los proyectos tengan un respaldo social y económico, de modo que queden en condiciones de postular a financiamiento.

El Estado dispone de seis fuentes de fondos para hacer llegar los recursos a los distintos organismos, estos son: fondos sectoriales, fondos propios de las empresas del

estado, fondo nacional de desarrollo regional (FNDR), fondos municipales, fondo de solidaridad e inversión social (FOSIS) y fondo social.

2.3 Análisis de remplazo

La toma de decisiones en las organizaciones son de vital importancia, más en establecimientos que son financiados por el estado en que el límite de recursos establecidos no es tan holgado. Por esto es necesario tomar decisiones correctas en ámbitos tangibles o sobre el dinero, en este sentido existen proyectos, servicios o activos, que una organización inteligente debe saber dar respuesta a preguntas como: ¿ha sido alcanzada la vida útil de este activo o proyecto?, ¿Cuál alternativa se puede aceptar para remplazar un activo en particular?

En general existen tres razones por las cuales es necesario realizar remplazo:

Obsolescencia: las organizaciones están inmersas en plena globalización, la libre información proporcionada por internet y la competitividad hacen que los avances tecnológicos dejen obsoletos a activos que funcionan dentro de las instituciones. El mercado nos ofrece equipos más seguros y más productivos, con los cuales podemos reemplazar los obsoletos.

Desempeño reducido: pasa por el deterioro físico que puede tener el activo o la capacidad de funcionamiento para un nivel de confianza esperado, y no existe la productividad que la entidad le requiere, por lo tanto usualmente existe un incremento de los costos de operación, altos desperdicios y grandes gastos de mantenimiento.

Alteración de necesidades: por aumento de demanda, cambios en estándares de calidad o requerimiento de los clientes pueden no ser soportados por el activo actual o sistema existente. En este caso observar su posible ajuste para los requerimientos, puede ser vital para evitar una nueva reinversión.

Por cada año que pasa los activos o los proyectos se ven afectados por:

- Aumento del costo anual de operación y el de mantenimiento.
- Decrecimiento del precio realizable o valor de salvamento.
- Decrecimiento del costo de propiedad debido a la inversión inicial en términos de costo anual uniforme equivalente (CAUE).

Estos factores son los que hacen que el CAUE total disminuya para algunos años y después aumenten.

El concepto de que hay que reemplazar el activo cuando ya esté inservible es errado y la idea es que el reemplazo debe llevar a cabo cuando sea más económico de realizar. Además los activos existentes tienden a tomar un valor sentimental, es decir los seres humanos tienden a derivar sentimientos de seguridad y a ser contrarios al cambio. Y por ello el reemplazo de equipo requiere un cambio de entusiasmo, cuando se está pensando en cambiar el activo se debe generar un gran entusiasmo para con ello contrarrestar la inercia a mantener todo como esta. Parte de la renuencia a reemplazar los equipos adquiridos que son físicamente satisfactorias pero económicamente débiles, tiene sus bases en que la decisión de cambiar un activo es mayor que continuar con lo viejo. Cambiar el equipo o activo representa un compromiso que se extiende por toda la vida del equipo retador, pero una decisión de continuar con el viejo equipo solo representa aplazar una decisión de reemplazo, decisión que se puede revisar en momentos que la situación sea más clara.

Se debe tener claro que el costo inicial del activo retador no es solo el precio de compra si no que todos los costos que tienen relación con adquirir un activo. Análogamente los gastos por cambiar el activo actual se deben restar al valor de salvamento.

Para identificar las alternativas a analizar se definen dos términos que son ampliamente aceptadas por los profesionales dedicados a estos análisis.

Defensor: El activo actual existente y que es analizado para su eventual reemplazo.

Retador o desafiante: El activo propuesto para reemplazar al defensor.

Las características económicas del defensor y retador son generalmente disímiles. Además el remanente de vida del defensor suele ser corto y este se puede estimar con relativa certeza. En el caso de que el defensor se imponga sobre el o las retadoras, es necesario volver a hacer el análisis de reemplazo al año siguiente, obviamente con los costos que ese año existan.

El reemplazo del retador por el defensor debe estar respaldado por un análisis económico, o sea el reemplazo debe basarse sobre la economía de las operación futura,

sin embargo hay factores que no son netamente económicos que también influyen sobre la decisión de remplazo.

En la comparación económica del defensor y retador es necesaria tomar el punto de vista del consultor. De esta forma se asume que no se posee ningún activo y por lo tanto para “comparar” el defensor, es necesario pagar el precio actual del mercado del activo usado (defensor), entonces se ocupa el valor comercial presente como el costo inicial P del defensor. También existe un valor de salvamento (VS), una vida útil (n) y un costo anual de operación (CAO) para el defensor. Si bien estos valores pueden no ser los originales, esto no importa, ya que hay que comparar desde el punto de vista del consultor, es decir solamente los datos actuales son los que influyen y por lo tanto la información previa no es aplicable a la actual evaluación económica.

2.3.1 Indicador económico

El indicador que utilizan los proyectos de factibilidad para decidir si un proyecto es rentable, cuando existen egresos e ingresos es el VAN (Valor Actual Neto), sin embargo como este proyecto solo analiza los costos, son otros tipo de indicadores económicos que se utilizan como instrumento decidor al momento de seleccionar alguna alternativa de reemplazo, como es el VAC (Valor Actual de los Costos) o el CAUE (Costo Anual Uniforme Equivalente). Ahora bien el VAC se utiliza solo cuando se comparan alternativas con la misma cantidad de años de vida útil, en cambio el CAUE acepta alternativas con distinta cantidad de años de vida útil, es por ello que se escoge a este indicador como el instrumento decidor. Además los libros de ingeniería económica como el Blank y el Thuesen para evaluar reemplazo de activos solo utilizan el costo anual uniforme equivalente (CAUE) para escoger entre una o más alternativas, siendo además el motivo de que solo se utiliza el CAUE como instrumento económico decidor para este proyecto.

Costo anual uniforme equivalente

Para evaluar y comparar las alternativas de ahorro (propuesta retadora) frente a la situación actual (defensora) se calcula el costo anual uniforme equivalente (CAUE) del cada activo retador versus el CAUE de lo actual.

El CAUE significa que todos los ingresos y desembolsos, deben convertirse en una cantidad anual uniforme equivalente (es decir, una cantidad al final del período) que

es la misma cada período. La ventaja principal de este método sobre los otros es que no requiere que la comparación se lleve a cabo sobre el mínimo común múltiplo cuando las alternativas tienen diferentes vidas útiles. Es decir, el CAUE de una alternativa debe calcularse para un ciclo de vida solamente.

El método para calcular el CAUE se denomina “método del fondo de amortización de salvamento”. En el método del fondo de amortización de salvamento, el costo inicial (P) se convierte primero en un costo anual uniforme equivalente utilizando el factor A/P. El valor de salvamento, después de su conversión a un costo uniforme equivalente, mediante el factor A/F (fondo de amortización), se resta del costo anual equivalente el primer costo. Los cálculos pueden presentarse mediante la ecuación general:

$$CAUE = P(A/P, i\%, n) - VS(A/F, i, n) + CAO$$

$$CAUE = P * \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] - VS * \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] + CAO$$

Figura 1: Formula para calcular el Costo anual uniforme equivalente.

Naturalmente, si la alternativa tiene otro flujo de caja, este debe incluirse en los cálculos del CAUE.

Donde:

P: Costo inicial.

VS: Valor final de salvamento.

CAO: Costo operacionales anuales.

i:Tasa de interés.

n: Horizonte de Planificación.

Para la comparación de la situación actual frente a las posibles alternativas de soluciones hay que tener en cuenta que los valores como el valor de salvamento (VS), costo inicial (P) y costo anual de operación (CAO) pueden ser todos diferentes de los datos originales, esto no importa puesto que se utiliza el punto de vista del consultor y así, se considera que la información previa no es aplicable a la actual evaluación económica.

Para las propuestas de solución el costo inicial (P) es el costo de los materiales esenciales para la puesta en marcha del proyecto, y además la mano de obra que se necesita para instalar estas tecnologías, el valor de salvamento (VS) es el valor de canje o de reventa que puede tener el activo al cabo del horizonte de planificación, el horizonte de planificación (n) es la cantidad de tiempo en cual va ser evaluado el proyecto, el costo operacional anual (CAO) es el costo anual por operar que para el caso de este proyecto se considera el costo por iluminar y la mantención que implican las tecnologías.

2.4 Tecnologías de iluminación

2.4.1 Iluminación LED

La iluminación LED, que sus siglas en ingles significa iluminación de estado sólido basado en el uso de diodos emisores de luz, surge con la necesidad de disminuir el consumo de electricidad en la producción de luz. El primer LED inventado, es en el 1927 por Oleg Vladimirovich Losev, sin embargo fue utilizado en la industria en el 1960, estos dispositivos que deben su funcionamiento a la emisión de luz cuando son atravesados por una corriente eléctrica se han fabricado en rojo, verde amarillo, azul y blanco. Las ventajas sobre otras fuentes luminosas además de tener una eficacia que alcanza los 100lm/w son la resistencia al impacto, baja temperatura de trabajo y una vida más larga, por lo que hace suponer que en un futuro este tipo de lámpara sustituirá a las convencionales.(Sony,2005)

Los LED consumen menos electricidad que la iluminación convencional, incluyendo las lámparas de bajo consumo que disminuyen el calor por iluminar, ahora LED está disponible en diferentes colores, dando un mejor aspecto y luz fría. Ahora es posible crear luz blanca por la combinación de la luz del LED separados (rojo, verde y azul) o mediante la colocación de un LED azul dentro de un paquete especial con una luz interna de fosforo de conversión (parte de la salida azul se convierte en rojo y verde) con el resultado de que LED de emisión de luz blanca para el ojo humano. (Sony,2005)

El LED es un dispositivo electrónico, asociado a los diodos, de estado sólido, los cuales tienen la característica de conducir la corriente eléctrica más fácilmente en un sentido que en otro. Los LED's al igual que los diodos poseen en su constitución la

unión de un material con exceso de electrones (semiconductor tipo n) y un material con exceso de huecos o vacantes llamado semiconductor tipo p.

Esta unión es conocida como p-n, si se aplica una diferencia de potencial desde la región p hacia la región n, los huecos fluyen hacia el lado tipo n y los electrones hacia el lado tipo p. Cuando un electrón de la banda de conducción se combina con un hueco de la banda de valencia se produce la emisión de un fotón, esta emisión de fotones a su vez crea un fenómeno ondulatorio electromagnético llamado luz, la cual es una sensación subjetiva creada por la radiación de un sector del espectro electromagnético en el cerebro humano a través de los ojos.

El color de la luz depende del material semiconductor utilizado y del tipo de dopante (impurezas) que se le agregue. Para uso con la red de suministro eléctrico, se necesitan controladores electrónicos y convertidores de voltaje. En la siguiente imagen se pueden observar los elementos que constituyen un LED.

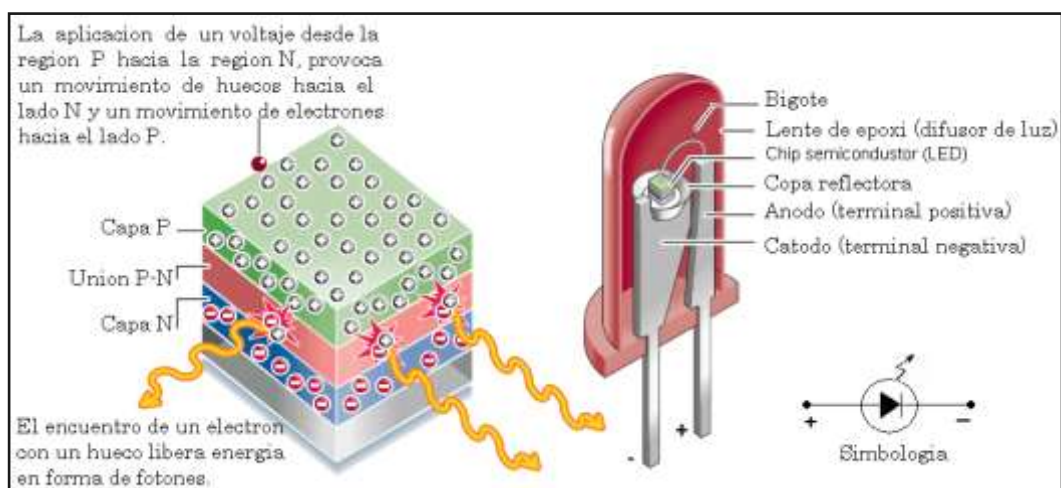


Imagen 1: Constitución de un diodo emisor de luz

Ventajas de las luces LED:

Bajo consumo y eficiencia elevada: una lámpara LED requiere una menor cantidad de potencia para producir la misma cantidad de luz. Por ejemplo para producir 1W de luz roja una lámpara incandescente con un filtro rojo requiere la aplicación de 100W de energía eléctrica mientras que una lámpara tipo LED solo consume 12W.

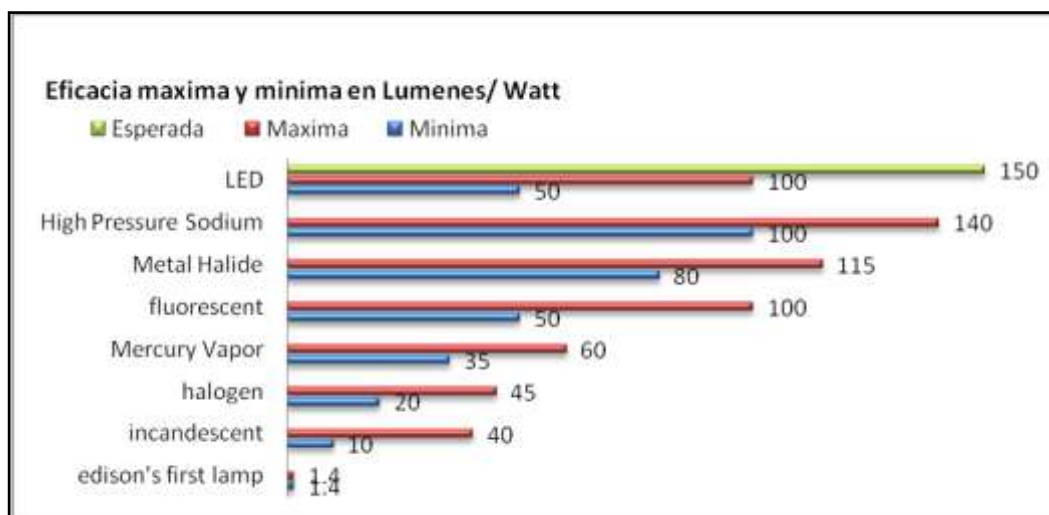


Imagen 2: Eficiencia de lámparas convencionales y LED's

Baja temperatura: una característica importante es la temperatura de trabajo con la que opera una lámpara, pues si esta es elevada puede indicar una pérdida de energía en forma de calor. Por ejemplo en las lámparas incandescentes se calienta un filamento de tungsteno a miles de grados Celsius a esa temperatura se emite luz ubicada en el área infrarroja del espectro lumínico, sin embargo debido a la resistencia del filamento se pierden gran cantidad de energía eléctrica en forma de calor y la eficiencia de esta lámpara es muy baja. El LED no requiere de un filamento que opere a una elevada temperatura para generar luz por lo que su temperatura de trabajo es muy baja. La fuente LED no supera los 70° C y el cuerpo de la luminaria o carcasa no excede de 55°C. El diseño de la carcasa está concebido para evacuar la pequeña fracción de energía transformada en calor, y prolongar así la vida de los circuitos electrónicos y demás componentes de la carcasa, como juntas de estanqueidad, acabados, etc.

Menor tiempo de encendido: las lámparas fluorescentes generan luz al pasar corriente eléctrica a través de vapor de mercurio, esta genera una excitación que hace al vapor de mercurio emitir luz ultravioleta (UV). La luz UV golpea el fósforo dentro de la lámpara emitiendo fotones y produciendo luz blanca visible. El proceso requiere de un balastro (dispositivo electrónico) para controlar el flujo de electricidad y es la aplicación de este elemento la que ocasiona un retardo en el encendido, en la mayoría de las lámparas de descarga el encendido se ubica en el rango de 2 a 10 minutos, para unLED el tiempo de

encendido es mucho menor al de estas lámparas con lo que su respuesta a interrupciones consecutivas aumenta característica deseada para iluminación. (Mora, 2010)

2.4.2 Paneles solares

Los paneles solares empezaron su historia con el físico Edmond Bequerel quien fabrico una celda electrolito compuesta por dos electrodos metálicos sumergidos en una solución conductora y comprobó que la generación de electricidad aumentaba al exponer la solución a la luz solar.

La energía que proviene del sol en forma de rayo si incide sobre un material semiconductor puede generar energía eléctrica, este efecto se conoce como energía solar fotovoltaica. Luego la corriente directa se puede almacenar en baterías para ser convertida en corriente alterna, la cual es la que se ocupa en las casas.

Las células solares fotovoltaicas son las encargadas de captar la energía que proviene del sol y convertirla en energía eléctrica, están basadas en el efecto fotovoltaico, son generalmente fabricadas con dos capas de material semiconductor, generalmente de silicio. En el caso de las capas hechas por silicios, una de las dos capas está constituida por silicio dopado con fósforo formando así un capa tipo n, en el cual el fosforo aporta cinco electrones de valencia y el silicio solo cuatro, con lo que queda cargado eléctricamente negativo. La segunda capa a base de silicio es dopada con boro, cuya función es inyectarle átomos con tres electrones de valencia, para que se produzca una zona con deficiencia de electrones y así adquirir una polaridad positiva.

Ambas capas se sitúan muy próximas y solo son divididas por un barrera que se forma con una separación de algunas micras, para evitar su recombinación sin la intervención de fuerzas externas. En el caso de las fotocélulas esta fuerza corresponde a los fotones de la luz que inciden en la superficie. La corriente eléctrica es producida cuando se rompe la barrera entre sus uniones lo que se consigue mediante irradiación fotonica dando lugar al efecto fotovoltaico anteriormente mencionado. Si en estas condiciones se conecta una carga resistiva entre los dos contactos de la célula, circulara una corriente directa a través de ella, con esto se crea un generador eléctrico de CD que proporciona una diferencia de potencial en el rango de 0.46 a 0.48 volts.

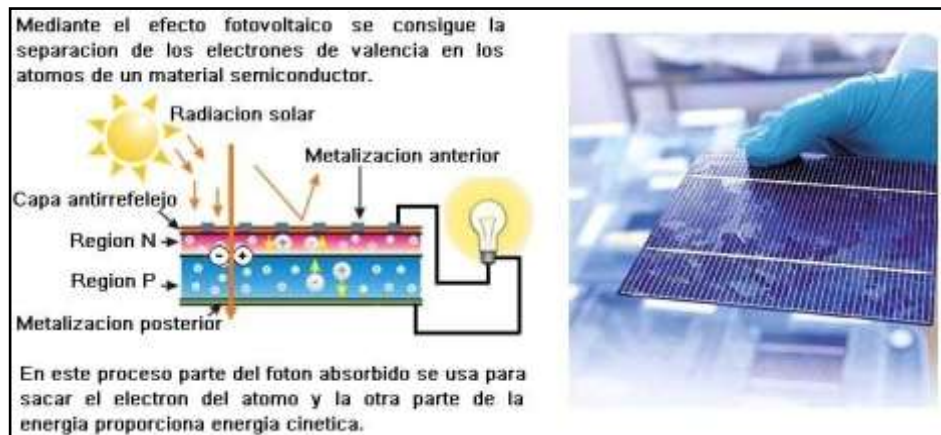


Imagen 3: Funcionamiento de una celda solar.

Características fotométricas de las fuentes luminosas

Flujo luminoso: esta característica se refiere a la cantidad de luz total emitida en todas direcciones por una fuente luminosa que produce una sensación visual. En una lámpara este valor corresponde a 100 horas de funcionamiento y disminuye en el transcurso del tiempo. El flujo luminoso se mide en lúmenes (lm).

La iluminancia: corresponde a la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie u objeto que no emite luz. Para el sistema internacional la unidad de medida para la luminancia es el lux que se abrevia lx que equivale a un lumen en un metro cuadrado (lum/m^2). El lux se usa en la fotometría como medida de la luminancia, que toma en cuenta las diferentes longitudes de onda que describe la función de luminosidad, un modelo estándar de la sensibilidad del ojo humano a la luz.

Intensidad luminosa: es el flujo emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección determinada. La unidad de medición de la intensidad luminosa es la candela equivalente a un lumen/estereorradián. Esta magnitud se utiliza para describir la distribución de luz proveniente de una fuente luminosa o luminaria.

Eficacia luminosa: este parámetro es de suma importancia ya que indica la cantidad de energía eléctrica que una lámpara convierte en energía luminosa. Se define como la relación del flujo luminoso de una fuente de luz y la cantidad de potencia eléctrica entregada a ella, este parámetro se mide en lm/W

Características de duración de las fuentes luminosas:

Vida útil o económica.- Es un valor medido en horas que representa datos de depreciación, cambios de color, supervivencia, costo de la lámpara, precio de energía que consume y mantenimiento. Puede definirse como el número de horas en el cual una lámpara es útil hasta que sea necesario su reemplazo.

Depreciación del flujo luminoso.-Este parámetro indica la disminución del flujo luminoso en el transcurso de tiempo como consecuencia del ennegrecimiento del bulbo debido a diferentes causas. Se mide en (%) al 50 o 100% de vida nominal de la lámpara. La vida nominal de una lámpara se obtiene en cuando el 50% de lámparas de una muestra fallan.

CAPITULO III: METODOLOGIA

3.1 Estudio técnico

La metodología para llevar a cabo el estudio de factibilidad se divide por cada uno de los objetivos específicos planteados.

3.1.1 Requerimientos lumínicos

La luminaria de la escuela debe proveer a los usuarios del establecimiento confort lumínico, el cual depende de las tareas o actividades que se realicen en el espacio iluminado, pues hay tareas que demandan luminosidad exclusiva para su realización. Para fijar parámetros existen normas para iluminar de forma correcta los espacios, como lo son los que dicta el Ministerio de Educación (MINEDUC), Ministerio de Salud (MINSAL) y la Unificación de normativas españolas (UNE EN).

Específicamente la iluminación exigida por el estado Chileno a la escuela, lo rige el decreto supremo N°548 MINEDUC, sin embargo para la evaluación técnica de este proyecto se toman en cuenta el decreto supremo N°594 MINSAL y los estándares de confort lumínico UNE EN 12.464-1 (Unificación de normativas españolas).

Tabla 7: Normas para la planta física de los locales educacionales según MINEDUC.

| Espacios | Requisito mínimo (Lx) |
|---|-----------------------|
| Para circulaciones horizontales y verticales. | 30 |
| Dentro de locales educacionales, para recintos de salas o áreas de estudio. | 180 |
| Dentro de locales educacionales, para recintos de comedores y servicios higiénicos. | 120 |

Fuente: Programa educativo integra en eficiencia energética.

Tabla 8: Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.

| Lugar o faena | Iluminación (Lx) |
|---|------------------|
| Pasillos, bodegas, salas de descanso, comedores, servicios higiénicos, salas de trabajo con iluminación suplementaria sobre cada máquina o faena, salas donde se efectúen trabajos que no exigen discriminación de detalles finos o donde hay suficiente contraste. | 150 |
| Trabajo prolongado con requerimiento moderado sobre la visión, trabajo mecánico con cierta discriminación de detalles, moldes en fundiciones y trabajos similares. | 300 |
| Trabajo con pocos contrastes, lectura continuada en tipo pequeño, trabajo mecánico que exige discriminación de detalles finos, maquinarias, herramientas, cajistas de imprenta, monotipias y trabajos similares | 500 |

Fuente: Programa educativo integra en eficiencia energética.

Siguiendo la misma temática se muestra los estándares de confort lumínico internacional, en particular la norma UNE EN 12.464-1 (Unificación de normativas españolas).

Para mostrar la tabla 9 se muestran las siguientes definiciones:

Tabla 9: Confort lumínico según la norma UNE EN 12.464

| Edificios educacionales | Iluminación (Lx) |
|--|------------------|
| Aulas, aulas de tutorías. | 300 |
| Aulas para clases nocturnas, educación de adultos. | 500 |
| Sala de lectura. | 500 |
| Zona de pizarras, mesas de demostraciones. | 500 |
| Aulas de arte. | 500 |
| Aulas de arte en escuela de arte. | 750 |
| Aulas de dibujo técnico. | 750 |

| | |
|---|-----|
| Aulas de prácticas de manualidades. | 500 |
| Aulas de prácticas de música, de informática. | 300 |
| Halls de entrada | 200 |
| Áreas de circulación, pasillos. | 100 |
| Escaleras. | 150 |
| Salas de profesores. | 300 |

Fuente: Programa educativo integra en eficiencia energética.

De las tablas 7,8 y 9 se observa que la cantidad de luz instalada depende de la utilización que se le da al espacio. Y por ende los requerimientos lumínicos que se necesitan, por parte de cada sector de la escuela deben satisfacer los parámetros anteriormente mostrados.

Para realizar el cálculo de cuánta luz es necesaria por espacio que existe en la escuela se plantea la siguiente ecuación:

Ecuación 1: Ecuación para obtener la luz necesaria por espacio de la escuela, fuente: elaboración propia.

$$\text{luz necesaria (Lum)} = \text{Confort lumínico segun lugar} \left(\frac{\text{Lum}}{\text{m}^2} \right) * \text{superficie (m}^2\text{)}$$

Donde:

Luz necesaria: Es la cantidad de lúmenes necesarios para dar confort lumínico a una superficie en un lugar en particular de la escuela.

Confort lumínico: Son los Lux necesarios para dar satisfacción a los usuarios de los espacios de la escuela, según los parámetros de las tablas 7,8 y 9.

Superficie: Es el área del lugar según el plano de la escuela.

3.1.2 Superficie de los sitios de la escuela

La escuela tiene espacios y salas que tienen utilidades distintas y por ende superficies diferentes, para calcular las superficies de cada lugar se toma como referencia el plano de la escuela, tomando el dato de superficie útil, pues esta es la

superficie que se debe iluminar, para que los lugares tomen referencia con el plano de la planta de la escuela se debe crear una tabla que combine la nomenclatura del plano con la utilización que se le da hoy a los sitios del lugar.

3.1.3 Cantidad de tubos LED y fluorescentes por espacio

Para saber cuántos tubos LED o fluorescentes se necesitan por lugar de la escuela, se toma un modelo fijo dentro del mercado, que posee características físicas, lumínicas y monetarias.

Ecuación 2: Ecuación para encontrar cantidad de tubos por espacio de la escuela, fuente: elaboración propia.

$$\text{Cantidad de tubos por espacio } (L_i) = \frac{\text{Luz necesaria por espacio } i \text{ (lum)}}{\text{Lumenes que emite el tubo (lum)}}$$

Donde L_i son los tubos necesarios para iluminar satisfactoriamente el sector i , $i=1,74$.

3.1.4 Operación anual

La operación anual se refiere a la cantidad de energía eléctrica que consume la situación actual y cada alternativa anualmente, para ello se debe crea una tabla que estime el consumo diario donde se ingresen las siguientes variables:

La “potencia instalada” para las alternativas retadoras es la columna que debe especificar cuanta potencia debe existir para que haya una correcta iluminación. Para la alternativa defensora se debe hacer una visita al lugar con el fin de saber cuánta potencia existe instalada en cada sector.

La “horas de iluminación” son para todas las alternativas la misma cantidad y este dato es consultado en las dependencias de la escuela.

“Energía” es la cantidad de KWh que consume diariamente un tipo de sala de la escuela San Vicente, y se calcula multiplicando “potencia instalada” por “horas de iluminación”.

Luego, para saber la cantidad de energía anual se multiplica la suma de todas las “energías” de cada sector y se multiplica por los días hábiles anuales de la escuela.

Para calcular la cantidad de energía consumida para las alternativas 3 y 4 que incluyen paneles solares, la energía consumida diaria se calcula de la siguiente forma:

Ecuación 3: Ecuación para calcular la energía consumida diaria para la alternativa 3

$$\begin{aligned} & \text{Energía consumida diaria para alternativa 3} \\ & = \text{Energía total consumida por la alternativa 1} \\ & - \text{energía consumida consumida por hall' y pasillos de la alternativa 1} \end{aligned}$$

Ecuación 4: Ecuación para calcular el consumo energético diario de la alternativa 4

$$\begin{aligned} & \text{Energía consumida diaria para alternativa 4} \\ & = \text{Energía total consumida por la alternativa 2} \\ & - \text{energía consumida consumida por hall' y pasillos de la alternativa 2} \end{aligned}$$

3.1.5 Dimensionamiento de la instalación de energía solar fotovoltaica.

Angulo de inclinación e instalación para corriente continúa

Los paneles fotovoltaicos (PV) captan la energía que proviene, en forma de radiación, del sol y mediante la celda solar la transforman en energía eléctrica, como el insumo del panel es el sol, durante la época de verano el panel puede recibir mayor energía proveniente del sol y por ende generar mayor energía eléctrica, caso contrario para invierno, es por ello que se hacen los cálculos en base a los niveles de radiación de invierno, pues el arreglo fotovoltaico debe ser autónomo. A continuación se muestra la tabla de radiación solar para la ciudad de concepción dependiendo del mes del año.

Tabla 10: Radiación solar disponible sobre una superficie inclinada de ángulo 36,25°, en la ciudad de Concepción.

| Mes | H (MJ/m ² día) | HSP (h/día) |
|------------|---------------------------|-------------|
| Enero | 29,6 | 8,2 |
| Febrero | 24,5 | 6,8 |
| Marzo | 20,0 | 5,5 |
| Abril | 15,3 | 4,2 |
| Mayo | 9,4 | 2,6 |
| Junio | 7,4 | 2,1 |
| Julio | 10,7 | 3,0 |
| Agosto | 11,8 | 3,3 |
| Septiembre | 15,3 | 4,2 |
| Octubre | 18,8 | 5,2 |
| Noviembre | 25,2 | 7,0 |
| Diciembre | 29,3 | 8,1 |

Fuente: www.per-udec.cl

Como la generación de energía debe ser autónoma y funcionar de forma eficaz durante todo el año, se deben hacer los cálculos en base al mes mas critico de radiación solar.

A continuación se muestra el esquema de una instalación fotovoltaica para un hogar.

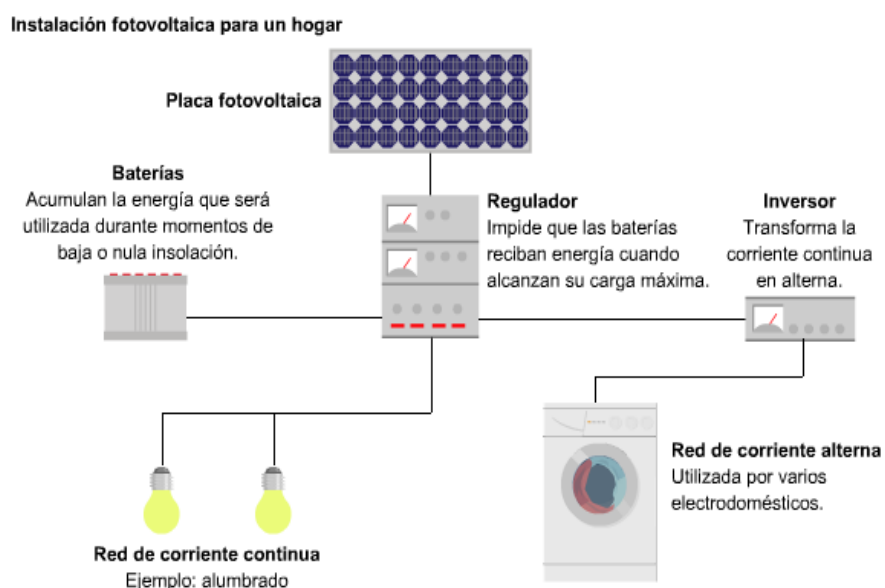


Imagen 4: Instalación fotovoltaica para un hogar.

El arreglo PV como recibe energía del sol es importante que reciba la mayor cantidad de radiación, por ello necesita un ángulo de inclinación que reciba la mayor radiación para el caso de concepción es de $\beta = 36,25^\circ$ desde el suelo hacia el norte ya que la ciudad se ubica en el hemisferio sur. Dependiendo de la estación β debe variar de esta forma:

$\beta =$ latitud en otoño.

$\beta =$ latitud en primavera.

$\beta =$ latitud $- 15^\circ$ en verano.

$\beta =$ latitud $+ 15^\circ$ en invierno.

La instalación de los arreglos fotovoltaicos para el proyecto deben generar corriente continua, pues lo que se pretende abastecer de energía eléctrica, es a la luminaria de la escuela, es por esto que la instalación no necesita de inversores.

A continuación se muestra el esquema de instalación de corriente continua por un arreglo PV:

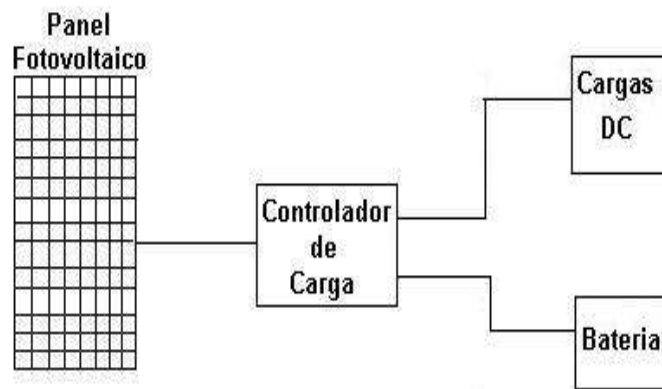


Imagen 5: Generación en corriente continua, en sistema autónomo.

Dimensionamiento de los instrumentos

Como se mostró en la imagen 4, para la generación de electricidad por medio de un arreglo fotovoltaico, se necesitan celdas solares, baterías y reguladores. Estos instrumentos deben satisfacer un voltaje y corriente necesario es por ello que se necesitan conectar en serie y en paralelo.

Dimensionamiento del banco de baterías

Las baterías en serie (N_{bs}) dependen del voltaje nominal del sistema, que generalmente se utiliza de 24V esto porque: hay menor sección de cableado, mayor oferta de productos en el mercado; en lo que se refiere a convertidores y reguladores, mayor versatilidad de la instalación ya que: se puede utilizar tanto módulos de 72 células en paralelo, como de 36 células en grupos de 2 en serie, mayor rendimiento general del sistema, mayor posibilidades de ampliar la instalación a posteriori.

Ecuación 5: Ecuación para encontrar el número de baterías en serie.

$$\text{Número de baterías en serie } (N_{bs}) = \frac{\text{Voltaje nominal del sistema}}{\text{voltaje nominal de la batería}}$$

Voltaje requerido para cargar las baterías ($V_{Diseño}$):

Ecuación 6: Ecuación para encontrar el Voltaje de diseño del banco de baterías.

$$V_{Diseño} = 1,2 * V_{Bat} * N_{bs}$$

Para saber cuánta energía deben almacenar se deben saber la demanda diaria de energía eléctrica de las cuantas y cuántos días de autonomía de necesitan.

Ecuación 7: Ecuación para calcular la energía que deben almacenar el banco de baterías.

$$\text{Energía almacenada diaria} = \frac{\text{Demanda de energía diaria} * \text{dia de autonomia}}{0,7 * \text{Voltaje nominal del sistema}}$$

Para calcular cuántas baterías en paralelo deben estar conectadas se debe saber la capacidad de la batería.

Ecuación 8: Ecuación para encontrar el número de baterías en paralelo

$$\text{Número de baterías en paralelo } (N_{bp}) = \frac{\text{Energía almacenada diaria}}{\text{Capacidad de la batería}}$$

Para calcular el número de baterías en total, se debe multiplicar el número de baterías en paralelo por el número de baterías en serie.

Ecuación 9: Ecuación para encontrar el número total del banco de baterías.

$$\begin{aligned} \text{Número total de baterías } (N_{tb}) \\ &= \text{Número de baterías en paralelo } (N_{bp}) \\ &* \text{Número de baterías en serie } (N_{bs}) \end{aligned}$$

Dimensionamiento del arreglo fotovoltaico

Antes de mostrar las fórmulas que calculan la cantidad de módulos solares que se deben instalar para el abastecimiento de energía eléctrica, se muestra la diferencia entre una celda, módulo y arreglo solar.

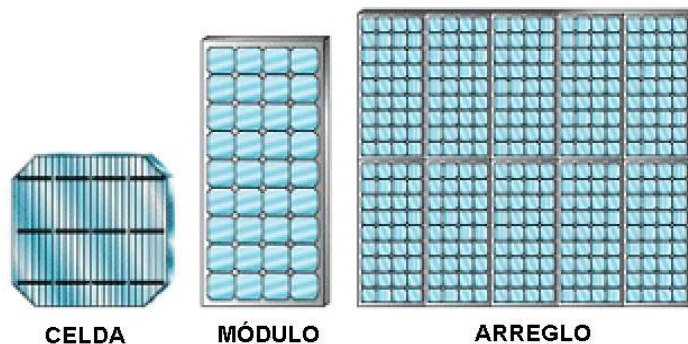


Imagen 6: De una celda a un arreglo solar.

A continuación se muestran las fórmulas para saber cuánta corriente debe generar el arreglo fotovoltaico:

Para calcular la demanda de corriente diaria acumulada (I_{diaria}), se necesita saber la demanda de energía eléctrica diaria y el voltaje nominal del sistema.

Ecuación 10: Ecuación para encontrar la demanda de corriente diaria acumulada.

$$I_{diaria} = \frac{\text{Demanda de energía diaria}}{\text{Voltage nominal del sistema}}$$

Ecuación 11: Ecuación para encontrar la corriente que puede aportar el arreglo fotovoltaico.

$$I_{arreglo} = \frac{I_{Diaria}}{HSP}$$

Donde el HSP es la energía en forma de radiación del sol, se utiliza el menor valor registrado del lugar, pues el arreglo se requiere que trabaje de forma autónoma.

Número de módulos conectados en paralelo (N_p)

Ecuación 12: Ecuación para encontrar la corriente que otorgan los módulos solares conectados en paralelo.

$$I_{Arreglo} = I_{mp} * N_p$$

Ecuación 13: Ecuación para encontrar el número de módulos solares conectados en paralelo.

$$N_p = \frac{I_{Arreglo}}{I_{mp}}$$

Donde I_{mp} es la corriente nominal del modulo solar que depende del modelo en específico.

Número de módulos conectados en serie (N_s)

Ecuación 14: Ecuación para encontrar el número de módulos solares conectados en serie.

$$V_{Diseño} = V_{pm} * N_s$$

Donde V_{pm} es la tensión nominal del modulo solar, que depende del modelo en particular.

El número total de módulos solares se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 15: Ecuación para encontrar el número total de módulos solares

$$\begin{aligned} &\text{Número total de modulos solares } (N_t) \\ &= \text{Número de modulos en paralelo } (N_p) \\ &* \text{Número de baterías en serie } (N_s) \end{aligned}$$

Dimensionamiento de los reguladores de carga

Para calcular la cantidad de reguladores necesarios (N_{rp}) se tiene la siguiente formula:

Ecuación 16: Ecuación para encontrar el número de reguladores de carga.

$$N_{rp} = \frac{I_{\min \text{ regulador}}}{I_{\text{nom regulador}}}$$

Donde $I_{\text{nom regulador}}$ es la corriente nominal que posee el regulador de carga que es característico del modelo, la $I_{\text{Min regulador}}$ es la corriente mínima que pasa por el regulador, dado el arreglo fotovoltaico

Ecuación 17: Ecuación para encontrar la corriente mínima que pasa por el regulador de carga.

$$I_{\text{Min regulador}} = 1,25 * I_{\text{sc arreglo}}$$

Y $I_{\text{sc arreglo}}$ se calcula de la siguiente forma:

Ecuación 18: Ecuación para encontrar la corriente de cortocircuito del arreglo fotovoltaico.

$$I_{\text{sc arreglo}} = I_{\text{sc}} * N_p$$

Donde N_p es el número de módulos solares conectados en paralelo y I_{sc} es la corriente de cortocircuito, que es propio del modulo solar escogido.

3.1.6 Instalación de las propuestas

Para la propuesta de cambiar la iluminación convencional por LED se debe, por tubo LED a instalar, realizar las siguientes tareas por orden:

1. Desconectar la tensión de la escuela.
2. Retirar tubo fluorescente.
3. Quitar cebador porta fusibles.
4. Desconectar cables del transformador.
5. Uno de los dos cables que posee el equipo debe ir conectado directo al tubo y el otro al porta cebador.
6. Colocar nuevo cebador porta fusibles.
7. Tomar el tubo LED y posicionar en el equipo teniendo cuidado su correcta posición.

El tiempo que tarda instalar todos los tubos LED para un espacio de la escuela se calcula de la siguiente forma:

Con respecto a la instalación de los arreglos fotovoltaicos se deben realizar, a grandes rasgos, las siguientes tareas:

1. Instalar en los paneles solares en serie.
2. Instalar los paneles solares en paralelo.
3. Conectar banco de baterías tanto en serie como en paralelo
4. Conectar los reguladores de carga
5. Conectar a los pasillos de la escuela.

3.2 Estudio económico

El proyecto es para en un establecimiento del estado, los precios de mano de obra y tasas de rentabilidad que se utilizan para el cálculo de los indicadores económicos no son los del mercado, si no que se toman los valores disponibles en “precios sociales vigentes 2016” que está disponible en la página web del ministerio de desarrollo social. (www.ministeriodedesarrollosocial.gob.cl)

Se confeccionan dos tipos de flujos de caja e indicadores económico; usando los precios sociales y los precios de mercados.

3.2.1 Ingresos

El proyecto se enmarca en uno de tipo reemplazo de la luminaria hacia una escuela pública, y esta no tiene relación con la venta de productos a un precio determinado, pues la escuela como organización cumple el objetivo de enseñar.

Las distintas alternativas de solución buscan ahorrar por medio del reemplazo de la iluminación, pero este ahorro no se considera un ingreso si no que una disminución en los costos de operación.

3.2.2 Capital de trabajo

El proyecto no exige capital para sus trabajos, si bien cada alternativa de solución tiene costos distintos por iluminar, no se necesita capital fuerte para operar en cada ciclo, ya que luego de la inversión en los activos fijos solo hay costos por mantenimiento y operación.

3.2.3 Depreciación

Todos los activos son depreciables, sin embargo para el flujo de caja a generar no se considera la depreciación en los activos, pues el análisis de reemplazo no considera

el valor contable que posee el activo al momento de su venta, si no que el valor de reventa o de desecho que puede tener, es por esta razón que en el flujo de caja no se incluye la depreciación.

3.2.4 Impuestos

Como se expuso anteriormente, el proyecto no genera ingresos económicos y las operaciones que se analizan, son en el marco de satisfacer una necesidad de la escuela pública, y dado que no hay ingreso ni utilidad por la implementación de una de las alternativas por lo tanto no hay impuestos incluidos en el flujo de caja.

3.2.1 Horizonte de planificación

Para los proyectos del estado el horizonte de planificación debe ser menor a 30 años, este límite superior es mucho tiempo para comparar alternativas que buscan ahorro, por lo cual el horizonte de planificación, tomando en cuenta la vida útil de los activos fijos, es de 7 años.

3.2.2 Tasa social de descuento

La tasa social de descuento representa el costo de oportunidad en que incurre el país cuando utiliza recursos para financiar proyectos. Estos recursos provienen de las siguientes fuentes: de menor consumo (mayor ahorro), de menor inversión privada y del sector externo (prestamos internacionales). Por lo tanto, depende de la tasa de preferencia intertemporal del consumo, de la rentabilidad marginal del sector privado y de la tasa de interés de los créditos externos.

La tasa social de descuento se obtiene de la tabla “precios sociales vigentes 2016” que se encuentra en la pagina web del ministerio de desarrollo social (www.ministeriodedesarrollosocial.gob.cl)

3.2.3 Inversión

3.2.3.1 Activos fijos

Para el cálculo del costo inicial de cada propuesta se sumaron los costos unitarios de los activos fijos asociados a cada iniciativa.

Para calcular el costo de la generación de electricidad a base de energía fotovoltaica se deben sumar todos los costos de los activos fijos que se le asocian (módulos solares, banco de baterías y reguladores de carga).

3.2.3.2 Mano de obra

Los costos de mano de obra son cotizados en una empresa asociada al rubro, para saber el precio de mercado.

Precio Social de la Mano de Obra: El precio social del trabajo corresponde al costo marginal en que incurre la sociedad por emplear un trabajador adicional de cierta calificación. Para uniformar criterios respecto de la calificación de la mano de obra, se define:

- a) Mano de Obra Calificada: trabajadores que desempeñan actividades cuya ejecución requiere estudios previos o vasta experiencia, por ejemplo: profesionales, técnicos, obreros especializados. Entre estos últimos se debe considerar maestros de primera en general, ya sean mecánicos, electricistas, albañiles, pintores, carpinteros u otros.
- b) Mano de Obra Semi Calificada: trabajadores que desempeñan actividades para las cuales no se requiere estudios previos y que, teniendo experiencia, esta no es suficientes para ser clasificados como maestros de primera.
- c) Mano de Obra no Calificada: trabajadores que desempeñan actividades cuya ejecución no requiere de estudios ni experiencia previa, por ejemplo: jornaleros, cargadores, personas sin oficio definido.

El costo social de la mano de obra se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$PS: FCMO * PB$$

Figura 2: Expresión para calcular el precio social de la mano de obra

Donde:

PS: Precio Social de la Mano de Obra.

FCMO: Factor de corrección mano de obra.

PB: Salario bruto o costo para el empleador de la mano de obra (costo privado).

De acuerdo al estudio “Cálculo del Precio Social de la Mano de Obra en Chile” (2002), se obtuvieron los siguientes valores para los Factores de Corrección, los que se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11: Factores de corrección precio social mano de obra.

| Categoría mano de obra | Factor de corrección |
|------------------------|----------------------|
| Calificada | 0.98 |
| Semi calificada | 0,68 |
| No Calificada | 0,62 |

Fuente: precios sociales vigentes 2016

3.2.4 Costos

3.2.4.2 Costo operacional anual

El costo operacional anual asociada a la situación actual y cada alternativas de solución, son los desembolsos que se refieren al gasto por energía eléctrica desde la red, para calcular el precio por KWh de energía desde la red, se divide el gasto en energía dividido por la energía consumida (KWh), estos datos son observados en la ultima cuenta observada

Ecuación 19: Ecuación para calcular el precio de la energía eléctrica desde la red.

$$\text{precio de la electricidad } \left(\frac{\$}{KWh} \right) = \frac{\text{Costo por energía consumidos en el mes}}{\text{energía consumida en el mes}}$$

Luego de tener el precio de la electricidad se multiplica por la cantidad de energía consumida desde la red anualmente, para obtener el gasto anual en energía eléctrica.

3.2.4.3 Mantenimiento

Con respecto a la mantención de la luminaria implicada en el proyecto, no es necesario realizar la mantención durante el horizonte de planificación y para los paneles solares es necesario solamente limpiar correctamente la superficie esto para que no se pierda la eficiencia del modulo ya que cualquier suciedad o impurezas en la superficie del modulo podría bloquear la energía proveniente del sol.

El mantenimiento de los módulos solares es cotizado en una empresa que esta actualmente en el rubro.

3.2.5 Estructura de los flujos de caja a proyectar

La estructura de los flujos de caja proyectados representan la distribución que se originan a lo largo de la vida del servicio, en este caso fue de siete años. Los flujos se confeccionaron con los datos obtenidos del estudio técnico. Para el proyecto en evaluación se considera un tipo de estructura para el cálculo de flujo de caja:

Flujo de caja puro: El inversionista aporta el 100% de la inversión inicial, además considera sólo flujos de caja operaciones.

3.2.6 Valor de desecho

El valor de desecho, reventa o canje de los activos que aun son útiles, en cualquier momento del horizonte de planificación, son calculados con respecto al mercado actual, no se considera el método contable, pues puede que un activo disminuya más su valor durante el tiempo que su depreciación lo cual puede mostrar indicadores erróneos.

3.2.7 Evaluación económica

Para la evaluación económica se utiliza el indicador económico CAUE (costo anual uniforme equivalente), que se utiliza para comparar alternativas, con distinta cantidad de años de vida útil, El CAUE consiste básicamente en anualizar todos los ingresos y egresos que tenga cada propuesta.

3.2.8 Riesgo e incertidumbre

Se realizó un análisis de sensibilidad para conocer la variación del indicador económico ante alteraciones en algunas de las variables que influyen en el flujo de caja del proyecto.

CAPITULO IV: RESULTADOS

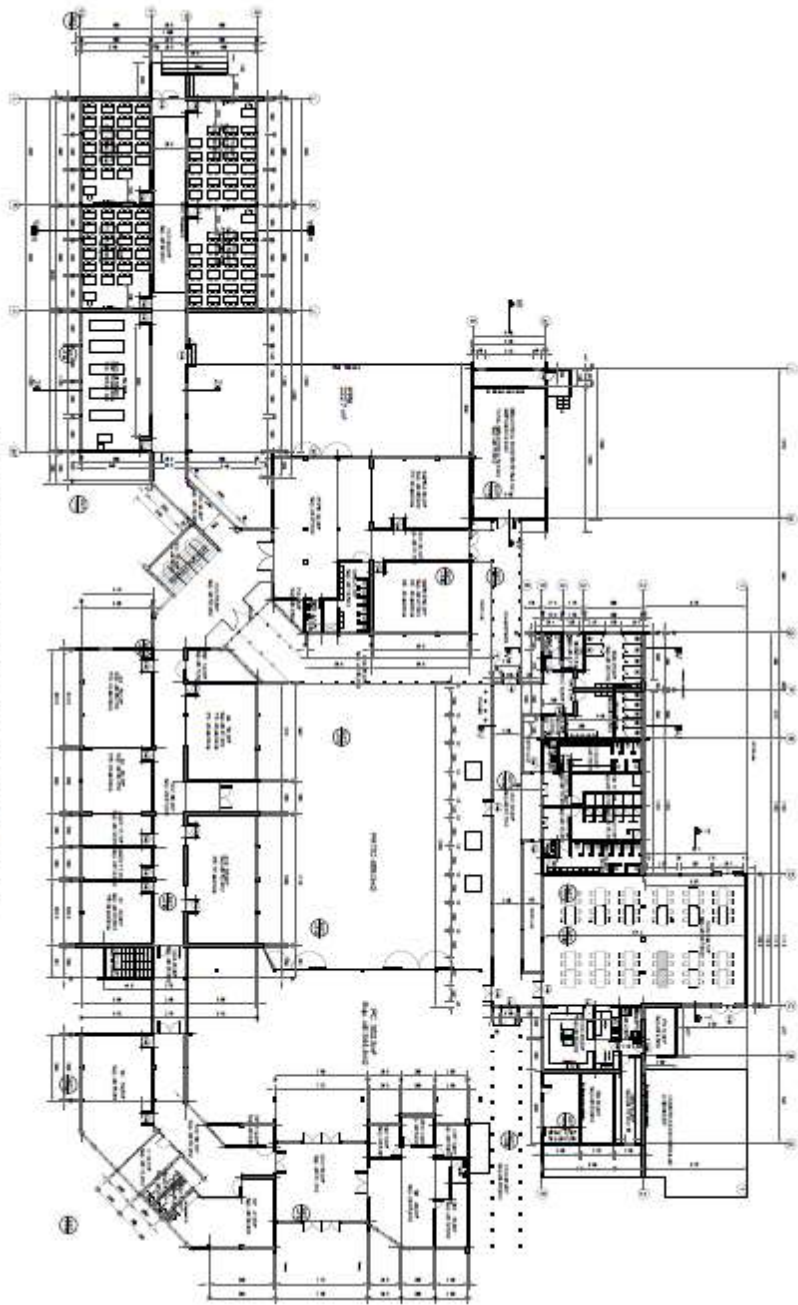
4.1 Estudio técnico

4.1.1 Superficie de los sitios de la escuela

Para especificar las superficies de cada lugar de la escuela se observa el plano de planta de la escuela y se crea la tabla 13 con el fin de especificar las áreas útiles, sin embargo en el plano existen salas que existen en la actualidad no poseen el mismo uso para las cuales fueron diseñadas, es por ello que en la columna “denominación” esta el uso que se le da actualmente en la escuela.

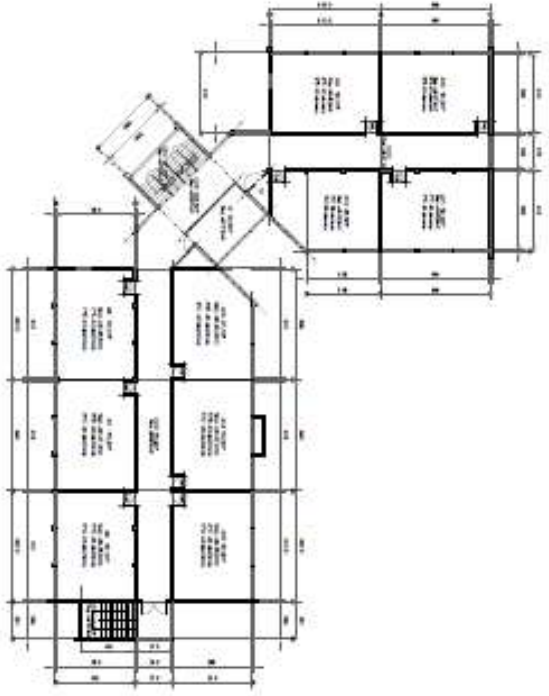
A continuación se muestra el plano de la escuela San Vicente C-1200

PLANTA ARQUITECTURA SITUACION PROYECTADA 4 PISO - AREA 1.420





PLANO DE SITUACION s/esc



PLANTA ARQUITECTURA SITUACION PROYECTADA 2º FISO escala 1:400

Tabla 12: Superficie y denominación de los espacios de la escuela San Vicente de Talcahuano

| Código Plano | Denominación | Superficie útil (m ²) |
|--------------|-----------------------|-----------------------------------|
| CCC | Hall de recepción | 51,2 |
| PC | Hall principal | 344,4 |
| SD | Sala de dirección | 6,8 |
| ARCH | Sala de archivo | 6,4 |
| UTP | Sala de dirección | 6,8 |
| BDA | Baño de dirección | 3,0 |
| DIR | Sala de dirección | 14,5 |
| SP | Sala de profesores | 38,4 |
| DPM | Sala de documentos | 8,0 |
| CCC | Pasillo 1 | 52,2 |
| BDA 1 | Baño profesores 1 | 4,2 |
| BDA 2 | Baño profesores 2 | 4,2 |
| II | Sala Auxiliares | 12,2 |
| SC | Sala computación | 55,6 |
| CCA | Pasillo 2 | 20,5 |
| A 19 | Biblioteca | 62,2 |
| A 1 | Sala de psicología | 30,5 |
| AGD2 | Sala de orientación | 14,3 |
| AGD1 | Asistente social | 14,3 |
| A 2 | Sala de investigación | 30,1 |
| A 3 | Sala de taller | 46,7 |
| A 4 | Sala reuniones | 47,2 |
| ENF | Enfermería | 12,3 |
| CCC | Pasillo 3 | 52,0 |
| ESC | Escalera | 16,7 |
| CCC | Pasillo 4 | 22,4 |
| L | Sala de robótica | 66,4 |
| A5 | Aula | 50,0 |
| A 16 | Aula | 50,0 |
| A 17 | Aula | 50,0 |

| | | |
|---------|------------------------------|-------|
| A18 | Aula | 50,0 |
| BG | Bodega central | 30,8 |
| COC | Cocina | 33,4 |
| CCC | Pasillo cocina | 2,9 |
| BMNIP | Baño Cocina | 4,6 |
| PS | Sala para Cocineros | 9,6 |
| COMEDOR | Comedor | 187,5 |
| BM1 | Baños alumnas 1 | 20,3 |
| BH1 | Baño alumnos 1 | 18,5 |
| DM | Ducha alumnas 1 | 15,7 |
| DH | Ducha hombre 1 | 15,7 |
| CCC | Pasillos 5 | 10,2 |
| CCC | Pasillo 6 | 10,2 |
| BM2 | Baño alumnas 2 | 23,7 |
| BH2 | Baño alumnos 2 | 23,5 |
| BPS1 | Baño capacidades distintas 1 | 1,4 |
| BPS2 | Baño capacidades distintas 2 | 3,2 |
| CCC | Pasillo 7 | 10,6 |
| BD | Baño capacidades distintas 3 | 3,2 |
| BDA3 | Baño capacidades distintas 4 | 3,7 |
| BDA4 | Baño capacidades distintas 5 | 4,7 |
| PCPB | Hall Kinder | 87,5 |
| SAPB A | Aula Kinder | 46,9 |
| SAPB B | Aula Kinder | 47 |
| CCC | Pasillo 8 | 21,7 |
| HPB | Baños Kinder | 18,5 |
| BPA | Baño profesoras Kinder | 3,2 |
| PA | Bodega Kinder | 3,6 |
| A 15 | Aula | 46,8 |
| A 6 | Aula | 46,8 |
| A 7 | Aula | 47,2 |
| A14 | Aula | 47,2 |
| A 13 | Aula | 44,0 |
| A 8 | Aula | 46,6 |

| | | |
|------------|-------------------------|------|
| A 9 | Aula | 46,6 |
| A 12 | Aula | 43,3 |
| A 10 | Aula | 47,2 |
| A 11 | Aula | 48,9 |
| I 2 | Sala Archivos | 17,0 |
| CCC | Pasillo 9 | 41,1 |
| CCC | Pasillo 10 | 397 |
| CCC | Pasillo 11 | 68,5 |
| BIBLIOTECA | Sala extra programática | 75,5 |

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Requerimientos lumínicos

Para calcular los requerimientos lumínicos de cada sector, se crea la tabla 14 la cual incluye los tipos de salas que existen en la escuela y su luminosidad requerida según las tablas 7, 8 y 9.

Tabla 13: Luminosidad requerida según tipo de sala.

| Tipo de Sala | Luminosidad requerida |
|--|-----------------------|
| Aulas | 300 |
| Sala de profesores | 300 |
| Sala de auxiliares | 300 |
| Hall's | 100 |
| Salas de dirección | 300 |
| Sala de archivos | 120 |
| Bodegas | 120 |
| Pasillos | 100 |
| Baños y duchas | 150 |
| Comedor | 150 |
| Biblioteca e investigación | 300 |
| Salas complementarias (psicología, asistente, enfermería, social, reuniones y orientación) | 300 |
| Salas de taller y robótica | 350 |
| Escaleras | 100 |

Fuente: Elaboración propia.

Para especificar la luminosidad requerida de cada lugar de la escuela se crea la tabla 15, donde se combinan los códigos del plano, el uso actual que se le da a la escuela, la luminosidad requerida y la cantidad de flujo luminoso que se calcula según la ecuación de la figura 1.

Tabla 14: Cantidad de flujo luminoso por espacio.

| Código Plano | Denominación | Superficie útil | Luminosidad requerida (lux) | Cantidad de flujo luminoso (lum) |
|--------------|-----------------------|-----------------|-----------------------------|----------------------------------|
| CCC | Hall de recepción | 51,2 | 100 | 5120 |
| PC | Hall principal | 344,4 | 100 | 34440 |
| SE | Hall dirección | 45,4 | 100 | 4540 |
| SD | Sala de dirección | 6,8 | 300 | 2040 |
| ARCH | Sala de archivo | 6,4 | 120 | 768 |
| UTP | Sala de dirección | 6,8 | 300 | 2040 |
| BDA | Baño de dirección | 3,0 | 120 | 360 |
| DIR | Sala de dirección | 14,5 | 300 | 4350 |
| SP | Sala de profesores | 38,4 | 300 | 11520 |
| DPM | Sala de documentos | 8,0 | 120 | 960 |
| CCC | Pasillo 1 | 52,2 | 100 | 5220 |
| BDA 1 | Baño profesores 1 | 4,2 | 120 | 504 |
| BDA 2 | Baño profesores 2 | 4,2 | 120 | 504 |
| II | Sala Auxiliares | 12,2 | 300 | 3660 |
| SC | Sala computación | 55,6 | 300 | 16680 |
| CCA | Pasillo 2 | 20,5 | 100 | 2050 |
| A 19 | Biblioteca | 62,2 | 300 | 18660 |
| A 1 | Sala de psicología | 30,5 | 300 | 9150 |
| AGD2 | Sala de orientación | 14,3 | 300 | 4290 |
| AGD1 | Asistente social | 14,3 | 300 | 4290 |
| A 2 | Sala de investigación | 30,1 | 300 | 9030 |
| A 3 | Sala de taller | 46,7 | 300 | 14010 |
| A 4 | Sala reuniones | 47,2 | 300 | 14160 |
| ENF | Enfermería | 12,3 | 300 | 3690 |
| CCC | Pasillo 3 | 52,0 | 100 | 5200 |

| | | | | |
|---------|------------------------------|-------|-----|-------|
| ESC | Escalera | 16,7 | 100 | 1670 |
| CCC | Pasillo 4 | 22,4 | 100 | 2240 |
| L | Sala de robótica | 66,4 | 300 | 19920 |
| A5 | Aula | 50,0 | 300 | 15000 |
| A 16 | Aula | 50,0 | 300 | 15000 |
| A 17 | Aula | 50,0 | 300 | 15000 |
| A18 | Aula | 50,0 | 300 | 15000 |
| BG | Bodega central | 30,8 | 120 | 3696 |
| COC | Cocina | 33,4 | 300 | 10020 |
| CCC | Pasillo cocina | 2,9 | 100 | 290 |
| BMNIP | Baño Cocina | 4,6 | 120 | 552 |
| PS | Sala para Cocineros | 9,6 | 120 | 1152 |
| COMEDOR | Comedor | 187,5 | 150 | 28125 |
| BM1 | Baños alumnas 1 | 20,3 | 120 | 2436 |
| BH1 | Baño alumnos 1 | 18,5 | 120 | 2220 |
| DM | Ducha alumnas 1 | 15,7 | 120 | 1884 |
| DH | Ducha hombre 1 | 15,7 | 120 | 1884 |
| CCC | Pasillos 5 | 10,2 | 100 | 1020 |
| CCC | Pasillo 6 | 10,2 | 100 | 1020 |
| BM2 | Baño alumnas 2 | 23,7 | 100 | 2370 |
| BH2 | Baño alumnos 2 | 23,5 | 120 | 2820 |
| BPS1 | Baño capacidades distintas 1 | 1,4 | 120 | 168 |
| BPS2 | Baño capacidades distintas 2 | 3,2 | 120 | 384 |
| CCC | Pasillo 7 | 10,6 | 100 | 1060 |
| BD | Baño capacidades distintas 3 | 3,2 | 120 | 384 |
| BDA3 | Baño capacidades distintas 4 | 3,7 | 120 | 444 |
| BDA4 | Baño capacidades distintas 5 | 4,7 | 120 | 564 |
| PCPB | Hall Kinder | 87,5 | 100 | 8750 |
| SAPB A | Aula Kinder | 46,9 | 300 | 14070 |

| | | | | |
|------------|----------------------------|------|-----|-------|
| SAPB B | Aula Kinder | 47 | 300 | 14100 |
| CCC | Pasillo 8 | 21,7 | 100 | 2170 |
| HPB | Baños Kinder | 18,5 | 120 | 2220 |
| BPA | Baño profesoras Kinder | 3,2 | 120 | 384 |
| PA | Bodega Kinder | 3,6 | 120 | 432 |
| A 15 | Aula | 46,8 | 300 | 14040 |
| A 6 | Aula | 46,8 | 300 | 14040 |
| A 7 | Aula | 47,2 | 300 | 14160 |
| A14 | Aula | 47,2 | 300 | 14160 |
| A 13 | Aula | 44,0 | 300 | 13200 |
| A 8 | Aula | 46,6 | 300 | 13980 |
| A 9 | Aula | 46,6 | 300 | 13980 |
| A 12 | Aula | 43,3 | 300 | 12990 |
| A 10 | Aula | 47,2 | 300 | 14160 |
| A 11 | Aula | 48,9 | 300 | 14670 |
| I 2 | Sala Archivos | 17,0 | 120 | 2040 |
| CCC | Pasillo 9 | 41,1 | 100 | 4110 |
| CCC | Pasillo 10 | 39,7 | 100 | 3970 |
| CCC | Pasillo 11 | 68,5 | 100 | 6850 |
| BIBLIOTECA | Sala extra programática | 75,5 | 300 | 22650 |

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Tubo fluorescente convencional

Para iluminar con los parámetros que la tabla 14 muestra, se muestra la tabla 16 que a través de la figura 2 calcula los tubos fluorescentes convencionales que necesita cada sector de la escuela.

La tabla 15 muestra las características del tubo actual fluorescente de la escuela.

Tabla 15: Características del Tubo fluorescente actual en la escuela

| Modelo | Marca | Empresa proveedora | Flujo luminoso (lum) | Consumo (W) | Vida útil (Hrs) | Precio (\$) |
|---------------|---------|--------------------|----------------------|-------------|-----------------|-------------|
| TLD 36W-3-640 | PHILIPS | Sodimac | 2300 | 36 | 10.000 | 1.290 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Tubos Fluorescentes por espacio en la escuela

| Código Plano | Denominación | Tubos fluorescentes |
|--------------|-----------------------|---------------------|
| CCC | Hall de recepción | 5 |
| PC | Hall principal | 15 |
| SE | Hall dirección | 2 |
| SD | Sala de dirección | 1 |
| ARCH | Sala de archivo | 1 |
| UTP | Sala de dirección | 1 |
| BDA | Baño de dirección | 1 |
| DIR | Sala de dirección | 2 |
| SP | Sala de profesores | 6 |
| DPM | Sala de documentos | 1 |
| CCC | Pasillo 1 | 3 |
| BDA 1 | Baño profesores 1 | 1 |
| BDA 2 | Baño profesores 2 | 1 |
| II | Sala Auxiliares | 2 |
| SC | Sala computación | 8 |
| CCA | Pasillo 2 | 1 |
| A 19 | Biblioteca | 9 |
| A 1 | Sala de psicología | 4 |
| AGD2 | Sala de orientación | 2 |
| AGD1 | Asistente social | 2 |
| A 2 | Sala de investigación | 4 |
| A 3 | Sala de taller | 7 |
| A 4 | Sala reuniones | 7 |

| | | |
|---------|------------------------------|----|
| ENF | Enfermería | 2 |
| CCC | Pasillo 3 | 3 |
| ESC | Escalera | 1 |
| CCC | Pasillo 4 | 1 |
| L | Sala de robótica | 9 |
| A5 | Aula | 7 |
| A 16 | Aula | 7 |
| A 17 | Aula | 7 |
| A18 | Aula | 7 |
| BG | Bodega central | 2 |
| COC | Cocina | 5 |
| CCC | Pasillo cocina | 1 |
| BMNIP | Baño Cocina | 1 |
| PS | Sala para Cocineros | 1 |
| COMEDOR | Comedor | 13 |
| BM1 | Baños alumnas 1 | 2 |
| BH1 | Baño alumnos 1 | 1 |
| DM | Ducha alumnas 1 | 1 |
| DH | Ducha hombre 1 | 1 |
| CCC | Pasillos 5 | 1 |
| CCC | Pasillo 6 | 1 |
| BM2 | Baño alumnas 2 | 2 |
| BH2 | Baño alumnos 2 | 2 |
| BPS1 | Baño capacidades distintas 1 | 1 |
| BPS2 | Baño capacidades distintas 2 | 1 |
| CCC | Pasillo 7 | 1 |
| BD | Baño capacidades distintas 3 | 1 |
| BDA3 | Baño capacidades distintas 4 | 1 |
| BDA4 | Baño capacidades distintas 5 | 1 |

| | | |
|------------|----------------------------|----|
| PCPB | Hall Kinder | 4 |
| SAPB A | Aula Kinder | 7 |
| SAPB B | Aula Kinder | 7 |
| CCC | Pasillo 8 | 1 |
| HPB | Baños Kinder | 1 |
| BPA | Baño profesoras Kinder | 1 |
| PA | Bodega Kinder | 1 |
| A 15 | Aula | 7 |
| A 6 | Aula | 7 |
| A 7 | Aula | 7 |
| A14 | Aula | 7 |
| A 13 | Aula | 6 |
| A 8 | Aula | 7 |
| A 9 | Aula | 7 |
| A 12 | Aula | 6 |
| A 10 | Aula | 7 |
| A 11 | Aula | 7 |
| I 2 | Sala Archivos | 1 |
| CCC | Pasillo 9 | 2 |
| CCC | Pasillo 10 | 2 |
| CCC | Pasillo 11 | 3 |
| BIBLIOTECA | Sala extra programática | 10 |

Fuente: Elaboración propia.

Con el nuevo planteamiento de iluminación se necesitan 278 tubos fluorescentes Philips, de los cuales 43 son destinados a iluminar pasillos y hall's dentro de la escuela.

4.1.4 Tubo LED

Para la evaluación de la iluminación LED, se selecciona el tubo LED de la marca Westinghouse con características que en la tabla 17 se especifican, además el tubo cumple con las mismas dimensiones físicas que los actuales tubos fluorescentes(120cm de largo y 25 mm de diámetro), con ello se evita de comprar más soportes o equipos para su instalación. ,

Tabla 17: Características del tubo LED

| Modelo | Marca | Empresa proveedora | Flujo luminoso (lum) | Consumo (W) | Vida útil (Hrs) | Precio (\$) |
|-------------------------------|--------------|--------------------|----------------------|-------------|-----------------|-------------|
| Tubo LED opal Lr t8 10w 840 g | Westinghouse | Sodimac | 900 | 10 | 25.000 | 6890 |

Fuente: Elaboración propia

Para la iluminar con respecto a lo que dicta la tabla 14, se calcula la cantidad de tubos según la figura 2.

Tabla 18: Tubos LED por espacio de la escuela San Vicente

| Código Plano | Denominación | Tubos LED |
|--------------|-----------------------|-----------|
| CCC | Hall de recepción | 5 |
| PC | Hall principal | 38 |
| SE | Hall dirección | 5 |
| SD | Sala de dirección | 2 |
| ARCH | Sala de archivo | 1 |
| UTP | Sala de dirección | 2 |
| BDA | Baño de dirección | 1 |
| DIR | Sala de dirección | 4 |
| SP | Sala de profesores | 12 |
| DPM | Sala de documentos | 1 |
| CCC | Pasillo 1 | 5 |
| BDA 1 | Baño profesores 1 | 1 |
| BDA 2 | Baño profesores 2 | 1 |
| II | Sala Auxiliares | 4 |
| SC | Sala computación | 18 |
| CCA | Pasillo 2 | 2 |
| A 19 | Biblioteca | 20 |
| A 1 | Sala de psicología | 10 |
| AGD2 | Sala de orientación | 4 |
| AGD1 | Asistente social | 4 |
| A 2 | Sala de investigación | 10 |

| | | |
|---------|------------------------------|----|
| A 3 | Sala de taller | 15 |
| A 4 | Sala reuniones | 15 |
| ENF | Enfermería | 4 |
| CCC | Pasillo 3 | 5 |
| ESC | Escalera | 1 |
| CCC | Pasillo 4 | 2 |
| L | Sala de robótica | 22 |
| A5 | Aula | 16 |
| A 16 | Aula | 16 |
| A 17 | Aula | 16 |
| A18 | Aula | 16 |
| BG | Bodega central | 4 |
| COC | Cocina | 11 |
| CCC | Pasillo cocina | 1 |
| BMNIP | Baño Cocina | 1 |
| PS | Sala para Cocineros | 1 |
| COMEDOR | Comedor | 31 |
| BM1 | Baños alumnas 1 | 2 |
| BH1 | Baño alumnos 1 | 2 |
| DM | Ducha alumnas 1 | 2 |
| DH | Ducha hombre 1 | 2 |
| CCC | Pasillos 5 | 1 |
| CCC | Pasillo 6 | 1 |
| BM2 | Baño alumnas 2 | 2 |
| BH2 | Baño alumnos 2 | 3 |
| BPS1 | Baño capacidades distintas 1 | 1 |
| BPS2 | Baño capacidades distintas 2 | 1 |
| CCC | Pasillo 7 | 1 |
| BD | Baño capacidades distintas 3 | 1 |
| BDA3 | Baño capacidades distintas 4 | 1 |

| | | |
|------------|------------------------------|----|
| BDA4 | Baño capacidades distintas 5 | 1 |
| PCPB | Hall Kinder | 9 |
| SAPB A | Aula Kinder | 15 |
| SAPB B | Aula Kinder | 15 |
| CCC | Pasillo 8 | 2 |
| HPB | Baños Kinder | 2 |
| BPA | Baño profesoras Kinder | 1 |
| PA | Bodega Kinder | 1 |
| A 15 | Aula | 15 |
| A 6 | Aula | 15 |
| A 7 | Aula | 15 |
| A14 | Aula | 15 |
| A 13 | Aula | 14 |
| A 8 | Aula | 15 |
| A 9 | Aula | 15 |
| A 12 | Aula | 14 |
| A 10 | Aula | 15 |
| A 11 | Aula | 16 |
| I 2 | Sala Archivos | 2 |
| CCC | Pasillo 9 | 4 |
| CCC | Pasillo 10 | 4 |
| CCC | Pasillo 11 | 7 |
| BIBLIOTECA | Sala extra programática | 25 |

Fuente: Elaboración propia.

En resumen, para iluminar de manera confortable según la norma del MINEDUC es necesario adquirir 584 tubos LED, de los cuales 84 corresponden a hall's y pasillos.

4.1.5 Operación anual de la situación: actual, con tubos fluorescentes iluminación tipo LED

La operación anual que se analiza es la iluminación. Claramente para la situación actual y con las alternativas de solución es distinta la cantidad de potencia instalada en la escuela, es por ello que el consumo anual energético varía. En esta parte del informe no se calcula la operación anual de las alternativas que contemplan los paneles solares pues se necesita saber la demanda de energía para calcular la cantidad de módulos solares a instalar.

Para el cálculo de la energía que consume la situación actual, se hizo una visita en terreno y se verificó qué tubo se utiliza para iluminar y la cantidad de estos mismos, además para tener un patrón de utilización común dentro de la situación actual y de las alternativas de solución, se consulta al personal de la escuela la cantidad de tiempo que se mantienen en uso las luminarias diariamente, con el fin de estimar la cantidad de energía que consumen las alternativas de solución y la situación actual.

Como los planos eléctricos de la escuela no están disponibles, la cantidad de tubos fue observada y registrada en terreno, a continuación se construye la tabla 19 que muestra la cantidad de energía consumida diariamente según el personal que utiliza dichas dependencias.

Tabla 19: Consumo energético diario, situación actual.

| Código Plano | Denominación | Tubos fluorescentes | Potencia instalada (W) | Tiempo de utilización (h) | Energía consumida por día (Wh) |
|--------------|-------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| CCC | Hall de recepción | 8 | 288 | 2 | 576 |
| PC | Hall principal | 28 | 1008 | 1 | 1008 |
| SE | Hall dirección | 4 | 144 | 6 | 864 |
| SD | Sala de dirección | 4 | 144 | 8 | 1152 |
| ARCH | Sala de archivo | 4 | 144 | 0,5 | 72 |
| UTP | Sala de dirección | 4 | 144 | 8 | 1152 |
| BDA | Baño de dirección | 2 | 72 | 1,5 | 108 |

| | | | | | |
|-------|-----------------------|----|------|-----|------|
| DIR | Sala de dirección | 4 | 144 | 0,5 | 72 |
| SP | Sala de profesores | 24 | 864 | 4 | 3456 |
| DPM | Sala de documentos | 4 | 144 | 1 | 144 |
| CCC | Pasillo 1 | 8 | 288 | 6 | 1728 |
| BDA 1 | Baño profesores 1 | 2 | 72 | 4 | 288 |
| BDA 2 | Baño profesores 2 | 2 | 72 | 4 | 288 |
| II | Sala Auxiliares | 6 | 216 | 8 | 1728 |
| SC | Sala computación | 28 | 1008 | 6 | 6048 |
| CCA | Pasillo 2 | 6 | 216 | 6 | 1296 |
| A 19 | Biblioteca | 24 | 864 | 6 | 5184 |
| A 1 | Sala de orientación | 12 | 432 | 6 | 2592 |
| AGD2 | Sala de psicología | 6 | 216 | 6 | 1296 |
| AGD1 | Asistente social | 6 | 216 | 6 | 1296 |
| A 2 | Sala de investigación | 12 | 432 | 6 | 2592 |
| A 3 | Sala de taller | 16 | 512 | 6 | 3072 |
| A 4 | Sala reuniones | 18 | 648 | 3 | 1944 |
| ENF | Enfermería | 4 | 144 | 7 | 1008 |
| CCC | Pasillo 3 | 6 | 216 | 6 | 1296 |
| ESC | Escalera | 4 | 144 | 6 | 864 |
| CCC | Pasillo 4 | 4 | 144 | 6 | 864 |
| L | Sala de robótica | 18 | 648 | 6 | 3888 |
| A5 | Aula | 12 | 432 | 7 | 3024 |
| A 16 | Aula | 12 | 432 | 7 | 3024 |
| A 17 | Aula | 12 | 432 | 7 | 3024 |
| A18 | Aula | 12 | 432 | 7 | 3024 |
| BG | Bodega central | 4 | 144 | 1 | 144 |
| COC | Cocina | 6 | 432 | 8 | 3456 |
| CCC | Pasillo cocina | 2 | 72 | 8 | 576 |
| BMNIP | Baño Cocina | 2 | 72 | 3 | 216 |
| PS | Sala Cocineros | 4 | 144 | 2 | 288 |

| | | | | | |
|---------|------------------------------|----|------|-----|------|
| COMEDOR | Comedor | 36 | 1296 | 4 | 5184 |
| BM1 | Baños alumnas 1 | 6 | 216 | 3 | 648 |
| BH1 | Baño alumnos 1 | 6 | 216 | 3 | 648 |
| DM | Ducha alumnas 1 | 6 | 216 | 3 | 648 |
| DH | Ducha hombre 1 | 6 | 216 | 3 | 648 |
| CCC | Pasillos 5 | 1 | 36 | 6 | 216 |
| CCC | Pasillo 6 | 1 | 36 | 6 | 216 |
| BM2 | Baño alumnas 2 | 6 | 216 | 3 | 648 |
| BH2 | Baño alumnos 2 | 6 | 216 | 3 | 648 |
| BPS1 | Baño capacidades distintas 1 | 1 | 36 | 1 | 36 |
| BPS2 | Baño capacidades distintas 2 | 1 | 36 | 1 | 36 |
| CCC | Pasillo 7 | 2 | 72 | 6 | 432 |
| BD | Baño capacidades distintas 3 | 1 | 36 | 1 | 36 |
| BDA3 | Baño capacidades distintas 4 | 1 | 36 | 1 | 36 |
| BDA4 | Baño capacidades distintas 5 | 1 | 36 | 1 | 36 |
| PCPB | Hall Kinder | 24 | 864 | 3 | 2592 |
| SAPB A | Aula Kinder | 18 | 648 | 7 | 4536 |
| SAPB B | Aula Kinder | 18 | 648 | 7 | 4536 |
| CCC | Pasillo 8 | 2 | 72 | 6 | 432 |
| HPB | Baños Kinder | 4 | 144 | 2 | 288 |
| BPA | Baño profesoras Kinder | 1 | 36 | 1 | 36 |
| PA | Bodega Kinder | 2 | 72 | 0,5 | 36 |
| A 15 | Aula | 12 | 432 | 7 | 3024 |
| A 6 | Aula | 12 | 432 | 7 | 3024 |
| A 7 | Aula | 12 | 432 | 7 | 3024 |
| A14 | Aula | 12 | 432 | 7 | 3024 |
| A 13 | Aula | 12 | 432 | 7 | 3024 |
| A 8 | Aula | 12 | 432 | 7 | 3024 |

| | | | | | |
|------------|-------------------------|----|-----|-----|------|
| A 9 | Aula | 12 | 432 | 7 | 3024 |
| A 12 | Aula | 12 | 432 | 7 | 3024 |
| A 10 | Aula | 12 | 432 | 7 | 3024 |
| A 11 | Aula | 12 | 432 | 7 | 3024 |
| I 2 | Sala Archivos | 4 | 144 | 0,5 | 72 |
| CCC | Pasillo 9 | 6 | 216 | 7 | 1512 |
| CCC | Pasillo 10 | 6 | 216 | 7 | 1512 |
| CCC | Pasillo 11 | 4 | 144 | 7 | 1008 |
| BIBLIOTECA | Sala extra programática | 8 | 288 | 3 | 864 |

Fuente: Elaboración propia.

En resumen, el total de energía estimada consumida en un día hábil es de 120,432 kWh de los cuales 16,992 kWh corresponden a pasillos y hall's de la escuela que representan el 14,1 % del consumo diario.

Según el calendario escolar 2016 que se encuentra en la pagina web del MINEDUC los establecimientos educacionales tienen vacaciones, es decir no utilizan las dependencias, en los meses de enero y febrero y dos semanas en julio, por lo cual durante el año el establecimiento se utiliza durante 42 semanas al año de los cuales son 5 días hábiles por lo que en total en el año existen 210 días, sin contar los feriados, que la escuela se utiliza para el aprendizaje.

Por lo tanto, el consumo energético anual estimado es de: 25.290,72 kWh para la iluminación convencional de la escuela San Vicente

A continuación, se muestra el consumo energético diario utilizando la iluminación convencional pero con los nuevos parámetros de iluminación.

Tabla 20: Consumo energético diario, alternativa 1

| Código Plano | Denominación | Tubos fluorescentes | Potencia instalada (W) | Tiempo de utilización (h) | Energía consumida por día (Wh) |
|--------------|-------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| CCC | Hall de recepción | 5 | 180 | 2 | 360 |
| PC | Hall principal | 15 | 540 | 1 | 540 |

| | | | | | |
|-------|-----------------------|---|-----|-----|------|
| SE | Hall dirección | 2 | 72 | 6 | 432 |
| SD | Sala de dirección | 1 | 36 | 8 | 288 |
| ARCH | Sala de archivo | 1 | 36 | 0,5 | 18 |
| UTP | Sala de dirección | 1 | 36 | 8 | 288 |
| BDA | Baño de dirección | 1 | 36 | 1,5 | 54 |
| DIR | Sala de dirección | 2 | 72 | 0,5 | 36 |
| SP | Sala de profesores | 6 | 216 | 4 | 864 |
| DPM | Sala de documentos | 1 | 36 | 1 | 36 |
| CCC | Pasillo 1 | 3 | 108 | 6 | 648 |
| BDA 1 | Baño profesores 1 | 1 | 36 | 4 | 144 |
| BDA 2 | Baño profesores 2 | 1 | 36 | 4 | 144 |
| II | Sala Auxiliares | 2 | 72 | 8 | 576 |
| SC | Sala computación | 8 | 288 | 6 | 1728 |
| CCA | Pasillo 2 | 1 | 36 | 6 | 216 |
| A 19 | Biblioteca | 9 | 324 | 6 | 1944 |
| A 1 | Sala de orientación | 4 | 144 | 6 | 864 |
| AGD2 | Sala de psicología | 2 | 72 | 6 | 432 |
| AGD1 | Asistente social | 2 | 72 | 6 | 432 |
| A 2 | Sala de investigación | 4 | 144 | 6 | 864 |
| A 3 | Sala de taller | 7 | 252 | 6 | 1512 |
| A 4 | Sala reuniones | 7 | 252 | 3 | 756 |
| ENF | Enfermería | 2 | 72 | 7 | 504 |
| CCC | Pasillo 3 | 3 | 108 | 6 | 648 |
| ESC | Escalera | 1 | 36 | 6 | 216 |
| CCC | Pasillo 4 | 1 | 36 | 6 | 216 |
| L | Sala de robótica | 9 | 324 | 6 | 1944 |
| A5 | Aula | 7 | 252 | 7 | 1764 |
| A 16 | Aula | 7 | 252 | 7 | 1764 |
| A 17 | Aula | 7 | 252 | 7 | 1764 |
| A18 | Aula | 7 | 252 | 7 | 1764 |

| | | | | | |
|---------|------------------------------|----|-----|-----|------|
| BG | Bodega central | 2 | 72 | 1 | 72 |
| COC | Cocina | 5 | 180 | 8 | 1440 |
| CCC | Pasillo cocina | 1 | 36 | 8 | 288 |
| BMNIP | Baño Cocina | 1 | 36 | 3 | 108 |
| PS | Sala Cocineros | 1 | 36 | 2 | 72 |
| COMEDOR | Comedor | 13 | 468 | 4 | 1872 |
| BM1 | Baños alumnas 1 | 2 | 72 | 3 | 216 |
| BH1 | Baño alumnos 1 | 1 | 36 | 3 | 108 |
| DM | Ducha alumnas 1 | 1 | 36 | 3 | 108 |
| DH | Ducha hombre 1 | 1 | 36 | 3 | 108 |
| CCC | Pasillos 5 | 1 | 36 | 6 | 216 |
| CCC | Pasillo 6 | 1 | 36 | 6 | 216 |
| BM2 | Baño alumnas 2 | 2 | 72 | 3 | 216 |
| BH2 | Baño alumnos 2 | 2 | 72 | 3 | 216 |
| BPS1 | Baño capacidades distintas 1 | 1 | 36 | 1 | 36 |
| BPS2 | Baño capacidades distintas 2 | 1 | 36 | 1 | 36 |
| CCC | Pasillo 7 | 1 | 36 | 6 | 216 |
| BD | Baño capacidades distintas 3 | 1 | 36 | 1 | 36 |
| BDA3 | Baño capacidades distintas 4 | 1 | 36 | 1 | 36 |
| BDA4 | Baño capacidades distintas 5 | 1 | 36 | 1 | 36 |
| PCPB | Hall Kinder | 4 | 144 | 3 | 432 |
| SAPB A | Aula Kinder | 7 | 252 | 7 | 1764 |
| SAPB B | Aula Kinder | 7 | 252 | 7 | 1764 |
| CCC | Pasillo 8 | 1 | 36 | 6 | 216 |
| HPB | Baños Kinder | 1 | 36 | 2 | 72 |
| BPA | Baño profesoras Kinder | 1 | 36 | 1 | 36 |
| PA | Bodega Kinder | 1 | 36 | 0,5 | 18 |
| A 15 | Aula | 7 | 252 | 7 | 1764 |

| | | | | | |
|------------|-------------------------|----|-----|-----|------|
| A 6 | Aula | 7 | 252 | 7 | 1764 |
| A 7 | Aula | 7 | 252 | 7 | 1764 |
| A14 | Aula | 7 | 252 | 7 | 1764 |
| A 13 | Aula | 6 | 216 | 7 | 1512 |
| A 8 | Aula | 7 | 252 | 7 | 1764 |
| A 9 | Aula | 7 | 252 | 7 | 1764 |
| A 12 | Aula | 6 | 216 | 7 | 1512 |
| A 10 | Aula | 7 | 252 | 7 | 1764 |
| A 11 | Aula | 7 | 252 | 7 | 1764 |
| I 2 | Sala Archivos | 1 | 36 | 0,5 | 18 |
| CCC | Pasillo 9 | 2 | 72 | 7 | 504 |
| CCC | Pasillo 10 | 2 | 72 | 7 | 504 |
| CCC | Pasillo 11 | 3 | 108 | 7 | 756 |
| BIBLIOTECA | Sala extra programática | 10 | 360 | 3 | 1080 |

Fuente: Elaboración propia

El consumo energético diario, utilizando la iluminación actual de la escuela pero con nuevos parámetros de luminancia, es de 53.712 Wh de los cuales 6.192 Wh corresponden al consumo de los pasillos y hall's de la escuela.

A continuación, se muestra el consumo energético diario utilizando iluminación LED

Tabla 21: Consumo energético diario, alternativa 2.

| Código Plano | Denominación | Tubos LED | Potencia instalada (W) | Tiempo de utilización (h) | Energía (Wh) |
|--------------|-------------------|-----------|------------------------|---------------------------|--------------|
| CCC | Hall de recepción | 5 | 50 | 2 | 100 |
| PC | Hall principal | 38 | 380 | 1 | 380 |
| SE | Hall dirección | 5 | 50 | 6 | 300 |
| SD | Sala de dirección | 2 | 20 | 8 | 160 |
| ARCH | Sala de archivo | 1 | 10 | 0,5 | 5 |
| UTP | Sala de dirección | 2 | 20 | 8 | 160 |
| BDA | Baño de dirección | 1 | 10 | 1,5 | 15 |

| | | | | | |
|-------|-----------------------|----|-----|-----|------|
| DIR | Sala de dirección | 4 | 40 | 0,5 | 20 |
| SP | Sala de profesores | 12 | 120 | 4 | 480 |
| DPM | Sala de documentos | 1 | 10 | 1 | 10 |
| CCC | Pasillo 1 | 5 | 50 | 6 | 300 |
| BDA 1 | Baño profesores 1 | 1 | 10 | 4 | 40 |
| BDA 2 | Baño profesores 2 | 1 | 10 | 4 | 40 |
| I1 | Sala Auxiliares | 4 | 40 | 8 | 320 |
| SC | Sala computación | 18 | 180 | 6 | 1080 |
| CCA | Pasillo 2 | 2 | 20 | 6 | 120 |
| A 19 | Biblioteca | 20 | 200 | 6 | 1200 |
| A 1 | Sala de psicología | 10 | 100 | 6 | 600 |
| AGD2 | Sala de orientación | 4 | 40 | 6 | 240 |
| AGD1 | Asistente social | 4 | 40 | 6 | 240 |
| A 2 | Sala de investigación | 10 | 100 | 6 | 600 |
| A 3 | Sala de taller | 15 | 150 | 6 | 900 |
| A 4 | Sala reuniones | 15 | 150 | 3 | 450 |
| ENF | Enfermería | 4 | 40 | 7 | 280 |
| CCC | Pasillo 3 | 5 | 50 | 6 | 300 |
| ESC | Escalera | 1 | 10 | 6 | 60 |
| CCC | Pasillo 4 | 2 | 20 | 6 | 120 |
| L | Sala de robótica | 22 | 220 | 6 | 1320 |
| A5 | Aula | 16 | 160 | 7 | 1120 |
| A 16 | Aula | 16 | 160 | 7 | 1120 |
| A 17 | Aula | 16 | 160 | 7 | 1120 |
| A18 | Aula | 16 | 160 | 7 | 1120 |
| BG | Bodega central | 4 | 40 | 1 | 40 |
| COC | Cocina | 11 | 110 | 8 | 880 |
| CCC | Pasillo cocina | 1 | 10 | 8 | 80 |
| BMNIP | Baño Cocina | 1 | 10 | 3 | 30 |
| PS | Sala para Cocineros | 1 | 10 | 2 | 20 |

| | | | | | |
|---------|------------------------------|----|-----|-----|------|
| COMEDOR | Comedor | 31 | 310 | 4 | 1240 |
| BM1 | Baños alumnas 1 | 2 | 20 | 3 | 60 |
| BH1 | Baño alumnos 1 | 2 | 20 | 3 | 60 |
| DM | Ducha alumnas 1 | 2 | 20 | 3 | 60 |
| DH | Ducha hombre 1 | 2 | 20 | 3 | 60 |
| CCC | Pasillos 5 | 1 | 10 | 6 | 60 |
| CCC | Pasillo 6 | 1 | 10 | 6 | 60 |
| BM2 | Baño alumnas 2 | 2 | 20 | 3 | 60 |
| BH2 | Baño alumnos 2 | 3 | 30 | 3 | 90 |
| BPS1 | Baño capacidades distintas 1 | 1 | 10 | 1 | 10 |
| BPS2 | Baño capacidades distintas 2 | 1 | 10 | 1 | 10 |
| CCC | Pasillo 7 | 1 | 10 | 6 | 60 |
| BD | Baño capacidades distintas 3 | 1 | 10 | 1 | 10 |
| BDA3 | Baño capacidades distintas 4 | 1 | 10 | 1 | 10 |
| BDA4 | Baño capacidades distintas 5 | 1 | 10 | 1 | 10 |
| PCPB | Hall Kinder | 9 | 90 | 3 | 270 |
| SAPB A | Aula Kinder | 15 | 150 | 7 | 1050 |
| SAPB B | Aula Kinder | 15 | 150 | 7 | 1050 |
| CCC | Pasillo 8 | 2 | 20 | 6 | 120 |
| HPB | Baños Kinder | 2 | 20 | 2 | 40 |
| BPA | Baño profesoras Kinder | 1 | 10 | 1 | 10 |
| PA | Bodega Kinder | 1 | 10 | 0,5 | 5 |
| A 15 | Aula | 15 | 150 | 7 | 1050 |
| A 6 | Aula | 15 | 150 | 7 | 1050 |
| A 7 | Aula | 15 | 150 | 7 | 1050 |
| A14 | Aula | 15 | 150 | 7 | 1050 |
| A 13 | Aula | 14 | 140 | 7 | 980 |
| A 8 | Aula | 15 | 150 | 7 | 1050 |

| | | | | | |
|------------|-------------------------|----|-----|-----|------|
| A 9 | Aula | 15 | 150 | 7 | 1050 |
| A 12 | Aula | 14 | 140 | 7 | 980 |
| A 10 | Aula | 15 | 150 | 7 | 1050 |
| A 11 | Aula | 16 | 160 | 7 | 1120 |
| I 2 | Sala Archivos | 2 | 20 | 0,5 | 10 |
| CCC | Pasillo 9 | 4 | 40 | 7 | 280 |
| CCC | Pasillo 10 | 4 | 40 | 7 | 280 |
| CCC | Pasillo 11 | 7 | 70 | 7 | 490 |
| BIBLIOTECA | Sala extra programática | 25 | 250 | 3 | 750 |

Fuente: Elaboración propia.

El consumo total diario estimado, utilizando solo tubos LED para iluminar la escuela, es de 32.015 Wh, de los cuales 3.110Wh pasillos y hall's de la escuela.

4.1.6 Dimensionamiento de la instalación de energía solar fotovoltaica

4.1.6.1 Abastecimiento para la iluminación LED

A continuación se muestran los cálculos realizados para saber cuántos instrumentos se necesitan para abastecer de energía eléctrica por medio de la energía solar. En primera instancia se calcula el abastecimiento de energía eléctrica a los pasillos y hall's de la escuela para las situación con iluminación LED, luego de forma análoga se muestra la cantidad de instrumentos para el abastecimiento de energía eléctrica a los pasillos y hall's de la escuela para la situación con iluminación convencional con los nuevos parámetros de iluminación

Dimensionamiento del banco de baterías

La batería seleccionada para la evaluación es la siguiente:

| Marca | TIPO | Carga eléctrica o capacidad de carga (Ah) | Voltaje batería (V) | Precio (\$) | Vida útil (años) |
|----------|--------------------------------------|---|---------------------|-------------|------------------|
| MEGATRON | Bacteria ciclo profundo 12 volt, AGM | 100 | 12 | 80.000 | 7 |

Voltaje nominal del sistema: 24V, el número de baterías en serie se calcula según la figura 3, en efecto:

$$\text{Número de baterías en serie } (N_{bs}) = \frac{24V}{12V} = 2 \text{ baterías}$$

Voltaje requerido para cargar las baterías ($V_{Diseño}$), según figura 4:

$$V_{Diseño} = 1,2 * V_{Bat} * N_{bs}$$

$$V_{Diseño} = 1,2 * 12 * 2 = 28,8V$$

Se calcula según la figura 5, la energía a almacenar diariamente por las baterías, considerando: la demanda eléctrica de los pasillos y hall's de la escuela (3110 kWh) y un día de autonomía.

$$\text{Energía almacenada diaria} = \frac{\text{Demanda de energía diaria} * \text{día de autonomía}}{0,7 * \text{Voltaje nominal del sistema}}$$

$$\text{Energía almacenada diaria} = \frac{3110 \text{ Wh}}{0,7 * 24V}$$

$$\text{Energía almacenada diaria} = 185,11 \text{ Ah}$$

Para abastecer la demanda de energía se necesitan conectar baterías en paralelo y se calcula según la figura 6, en efecto:

$$\text{Número de baterías en paralelo } (N_{bp}) = \frac{\text{Energía almacenada diaria}}{\text{Capacidad de la batería}}$$

$$\text{Número de baterías en paralelo } (N_{bp}) = \frac{185,11 \text{ Ah}}{100 \text{ Ah}}$$

$$\text{Número de baterías en paralelo } (N_{bp}) = 2$$

Para calcular el número de baterías en total, según la figura 7, se debe multiplicar el número de baterías en paralelo por el número de baterías en serie:

$$\begin{aligned}
 & \text{Número total de baterías } (N_{tb}) \\
 & = \text{Número de baterías en paralelo } (N_{bp}) \\
 & * \text{Número de baterías en serie } (N_{bs})
 \end{aligned}$$

$$\text{Número total de baterías } (N_{tb}) = 2 * 2 = 4$$

Dimensionamiento del arreglo fotovoltaico

Para calcular la demanda de corriente diaria acumulada ($I_{diaria\ acumulada}$), se necesita saber la demanda de energía eléctrica diaria y el voltaje nominal del sistema. A través de la figura 8 se calcula la corriente diaria y de la figura 9 se calcula la corriente que debe enviar el arreglo fotovoltaico.

$$I_{diaria} = \frac{\text{Demanda de energía diaria}}{\text{Voltaje nominal del sistema}}$$

$$I_{diaria\ acumulada} = \frac{3110\ Wh/día}{24V}$$

$$I_{diaria\ acumulada} = 129,58\ Ah/día$$

Corriente del arreglo fotovoltaico,

$$I_{arreglo} = \frac{I_{Diaria\ acumulada}}{HSP}$$

$$I_{arreglo} = \frac{129,58\ Ah/día}{2,1\ h/día}$$

$$I_{arreglo} = 61,7\ A$$

Donde el HSP son la cantidad de horas pico solar que llegan en promedio en el mes, se utiliza el menor valor registrado (junio) de esta forma se asegura autonomía.

Para la evaluación se selecciona el modulo ARTESA A-127P, que a continuación se muestran las características:

Tabla 22: Características eléctricas y precio del modulo solar

| Marca | modulo | Corriente nominal (A) | Tensión nominal (V) | Corriente de corto circuito (A) | precio | Vida útil (años) |
|--------|--------|-----------------------|---------------------|---------------------------------|-----------|------------------|
| ARTESA | A-127P | 7,28 | 17,48 | 7,95 | \$645.000 | 25 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Características físicas del modulo solar

| Largo(mm) | Ancho(mm) | Profundidad(mm) | Peso (kg) |
|-----------|-----------|-----------------|-----------|
| 1475 | 659 | 35 | 12,8 |

Fuente: Elaboración propia.

Según la figura 10 se calcula el número de módulos conectados en paralelo (N_p), donde I_{mp} es la corriente nominal del modulo solar.

$$I_{Arreglo} = I_{mp} * N_p$$

$$N_p = \frac{I_{Arreglo}}{I_{mp}}$$

$$N_p = \frac{61,7A}{7,28 A}$$

$$N_p = 9$$

Número de módulos conectados en serie (N_s)

$$V_{Diseño} = V_{pm} * N_s$$

Figura 3

$$N_s = \frac{V_{Diseño}}{V_{pm}}$$

$$N_s = \frac{28,8 v}{17,48}$$

$$N_s = 2$$

Donde V_{pm} es la tensión nominal del modulo solar, que depende del modelo en particular.

El número total de módulos solares se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Número total de modulos solares } (N_t) & \\ &= \text{Número de modulos en paralelo } (N_p) \\ &* \text{Número de baterías en serie } (N_s) \end{aligned}$$

$$\text{Número total de modulos solares } (N_t) = 2 * 9$$

$$\text{Número total de modulos solares } (N_t) = 18$$

Dimensionamiento de los reguladores de carga

Regulador de carga

| Marca | modelo | Corriente nominal (A) | Precio (\$) |
|-------|--------|-----------------------|-------------|
| OMEGA | SR 30 | 30 | 99.000 |

Para calcular la cantidad de reguladores necesarios (N_{rp}) se tiene la siguiente formula:

$$N_{rp} = \frac{I_{\text{min regulador}}}{I_{\text{nom regulador}}}$$

$$N_{rp} = \frac{89,43 \text{ A}}{30 \text{ A}}$$

$$N_{rp} = 3$$

Donde $I_{\text{nom regulador}}$ es la corriente nominal que posee el regulador de carga que es característico del modelo, la $I_{\text{Min regulador}}$ es la corriente mínima que pasa por el regulador, dado el arreglo fotovoltaico

$$I_{\text{Min regulador}} = 1,25 * I_{\text{sc arreglo}}$$

$$I_{\text{Min regulador}} = 1,25 * 71,55 \text{ A}$$

$$I_{\text{Min regulador}} = 89,43 \text{ A}$$

$Y I_{\text{sc arreglo}}$ se calcula de la siguiente forma:

$$I_{sc \text{ arreglo}} = I_{sc} * N_p$$

$$I_{sc \text{ arreglo}} = 7,95 * 9$$

$$I_{sc \text{ arreglo}} = 71,55 \text{ A}$$

Donde N_p es el número de módulos solares conectados en paralelo y I_{sc} es la corriente de cortocircuito, que es propio del modulo solar escogido.

Tabla resumen de los instrumentos necesarios

Para abastecer de energía eléctrica la demanda de la luminaria LED de los pasillos y hall's de la escuela se necesitan los siguientes instrumentos:

Tabla 24: Resumen de instrumentos fotovoltaicos necesarios para abastecer la iluminación LED de los pasillos y hall's de la escuela

| Instrumentos | Cantidad total |
|----------------------|----------------|
| Módulos solares | 18 |
| Baterías | 4 |
| Reguladores de carga | 3 |

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6.2 Abastecimiento de la iluminación convencional con nuevos parámetros

De forma análoga de cómo se vio anteriormente se calcula la cantidad de instrumentos necesarios para el abastecimiento de energía eléctrica a los pasillos y hall's de la escuela para la iluminación convencional.

Dimensionamiento del banco de baterías

$$\text{Número de baterías en serie } (N_{bs}) = \frac{24V}{12V} = 2 \text{ baterías}$$

Voltaje requerido para cargar las baterías ($V_{Diseño}$), según figura 4:

$$V_{Diseño} = 1,2 * V_{Bat} * N_{bs}$$

$$V_{Diseño} = 1,2 * 12 * 2 = 28,8V$$

$$\text{Energía almacenada diaria} = \frac{\text{Demanda de energía diaria} * \text{dia de autonomia}}{0,7 * \text{Voltage nominal del sistema}}$$

$$\text{Energía almacenada diaria} = \frac{6192 \text{ Wh}}{0,7 * 24\text{V}}$$

$$\text{Energía almacenada diaria} = 368,57 \text{ Ah}$$

Para abastecer la demanda de energía se necesitan conectar baterías en paralelo y se calcula según la figura 6, en efecto:

$$\text{Número de baterías en paralelo } (N_{bp}) = \frac{\text{Energía almacenada diaria}}{\text{Capacidad de la batería}}$$

$$\text{Número de baterías en paralelo } (N_{bp}) = \frac{368,57 \text{ Ah}}{100 \text{ Ah}}$$

$$\text{Número de baterías en paralelo } (N_{bp}) = 4$$

Para calcular el número de baterías en total, según la figura 7, se debe multiplicar el número de baterías en paralelo por el número de baterías en serie:

$$\begin{aligned} \text{Número total de baterías } (N_{tb}) \\ &= \text{Número de baterías en paralelo } (N_{bp}) \\ &* \text{Número de baterías en serie } (N_{bs}) \end{aligned}$$

$$\text{Número total de baterías } (N_{tb}) = 2 * 4 = 8$$

Dimensionamiento del arreglo fotovoltaico

Para calcular la demanda de corriente diaria acumulada ($I_{diaria \text{ acumulada}}$), se necesita saber la demanda de energía eléctrica diaria y el voltaje nominal del sistema. A través de la figura 8 se calcula la corriente diaria y de la figura 9 se calcula la corriente que debe enviar el arreglo fotovoltaico.

$$I_{diaria} = \frac{\text{Demanda de energía diaria}}{\text{Voltage nominal del sistema}}$$

$$I_{diaria\ acumulada} = \frac{6192\ Wh/día}{24V}$$

$$I_{diaria\ acumulada} = 258,00\ Ah/día$$

Corriente del arreglo fotovoltaico,

$$I_{arreglo} = \frac{I_{Diaria\ acumulada}}{HSP}$$

$$I_{arreglo} = \frac{258,00\ Ah/día}{2,1\ h/día}$$

$$I_{arreglo} = 122,8\ A$$

Según la figura 10 se calcula el número de módulos conectados en paralelo (N_p), donde I_{mp} es la corriente nominal del modulo solar.

$$I_{Arreglo} = I_{mp} * N_p$$

$$N_p = \frac{I_{Arreglo}}{I_{mp}}$$

$$N_p = \frac{122,8\ A}{7,28\ A}$$

$$N_p = 17$$

Número de módulos conectados en serie (N_s)

$$V_{Diseño} = V_{pm} * N_s$$

$$N_s = \frac{V_{Diseño}}{V_{pm}}$$

$$N_s = \frac{28,8\ v}{17,48}$$

$$N_s = 2$$

Donde V_{pm} es la tensión nominal del modulo solar, que depende del modelo en particular.

El número total de módulos solares se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Número total de modulos solares } (N_t) \\ &= \text{Número de modulos en paralelo } (N_p) \\ &* \text{Número de baterías en serie } (N_s) \end{aligned}$$

$$\text{Número total de modulos solares } (N_t) = 2 * 17$$

$$\text{Número total de modulos solares } (N_t) = 34$$

Dimensionamiento de los reguladores de carga

Para calcular la cantidad de reguladores necesarios (N_{rp}) se tiene la siguiente formula:

$$\begin{aligned} N_{rp} &= \frac{I_{\text{min regulador}}}{I_{\text{nom regulador}}} \\ N_{rp} &= \frac{168,93 \text{ A}}{30 \text{ A}} \\ N_{rp} &= 6 \end{aligned}$$

Donde $I_{\text{nom regulador}}$ es la corriente nominal que posee el regulador de carga que es característico del modelo, la $I_{\text{Min regulador}}$ es la corriente mínima que pasa por el regulador, dado el arreglo fotovoltaico

$$I_{\text{Min regulador}} = 1,25 * I_{\text{sc arreglo}}$$

$$I_{\text{Min regulador}} = 1,25 * 135,15 \text{ A}$$

$$I_{\text{Min regulador}} = 168,93 \text{ A}$$

Y $I_{\text{sc arreglo}}$ se calcula de la siguiente forma:

$$I_{\text{sc arreglo}} = I_{\text{sc}} * N_p$$

$$I_{\text{sc arreglo}} = 7,95 * 17$$

$$I_{\text{sc arreglo}} = 135,15 \text{ A}$$

Donde N_p es el número de módulos solares conectados en paralelo y I_{sc} es la corriente de cortocircuito, que es propio del modulo solar escogido.

Tabla resumen de los instrumentos necesarios

Para abastecer de energía eléctrica la demanda de la luminaria convencional de los pasillos y hall's de la escuela se necesitan los siguientes instrumentos:

Tabla 25: Instrumentos fotovoltaicos para abastecer la luminaria fluorescente de los pasillos y hall's de la escuela

| Instrumentos | Cantidad total |
|----------------------|----------------|
| Módulos solares | 34 |
| Baterías | 8 |
| Reguladores de carga | 6 |

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6.3 Operación anual para las alternativas que incluyen energía fotovoltaica

Para calcular el consumo energético de las alternativas que incluyen módulos solares se aplican las ecuaciones mencionadas en las figuras 3 y 4, en efecto:

Energía consumida diaria para alternativa 3

= Energía total consumida por la alternativa 1

– energía consumida consumida por hall' y pasillos de la alternativa

Energía consumida diaria para alternativa 3 = 53712 - 6192 = 47.520 kWh

Energía consumida diaria para alternativa 4

= Energía total consumida por la alternativa 2

– energía consumida consumida por hall' y pasillos de la alternativa 2

Energía consumida diaria para alternativa 4 = 32015 - 3110 = 28.905 kWh

Tabla 26: Consumo energético diario, alternativa 3 y 4.

| Alternativas | Consumo energético diario (kWh) |
|--------------|---------------------------------|
| 3 | 47.520 |
| 4 | 28.905 |

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Evaluación económica

4.2.1 Activos fijos

A continuación se muestran los activos fijos relacionados con cada alternativa:

Tabla 27: Activos fijos por cada alternativa de solución

| Alternativa | Activo Fijo | Costo unitario (\$/unidad) | Cantidad | Costo (\$) | Costo total por alternativa(\$) |
|-------------|--------------------|----------------------------|----------|------------|---------------------------------|
| 1 | - | - | - | 0 | 0 |
| 2 | Tubo LED | 6.890 | 584 | 4.023.760 | 4.023.760 |
| 3 | Modulo solar | 645.000 | 34 | 21.930.000 | 23.164.000 |
| | Batería | 80.000 | 8 | 640.000 | |
| | Regulador de Carga | 99.000 | 6 | 594.000 | |
| 4 | Tubo LED | 6.890 | 584 | 4.023.760 | 16.250.760 |
| | Modulo Solar | 645.000 | 18 | 11.610.000 | |
| | Batería | 80.000 | 4 | 320.000 | |
| | Regulador de carga | 99.000 | 3 | 297.000 | |

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Mano de obra

El costo unitario por los trabajos implicados a cada propuesta, se obtuvo de acuerdo a la cotización efectuada a la empresa Victron Energy, luego según la tarea implicada se le aplica el factor de corrección descrita en la tabla 11.

Tabla 28: Factores de corrección precio social mano de obra.

| Categoría mano de obra | Factor de corrección |
|------------------------|----------------------|
| Calificada | 0,98 |
| Semi calificada | 0,68 |
| No Calificada | 0,62 |

Fuente: precios sociales vigentes 2016

Tabla 29: Costos de mano de obra según cotización, evaluación privada.

| Alternativa | Tarea implicadas | Costo unitario (\$/unidad) | Cantidad | Monto(\$) | Monto total Mano de obra a precio mercado |
|-------------|--|----------------------------|----------|-----------|---|
| 1 | Desinstalación de tubos convencionales y re distribución | 1700 | 584 | 992.800 | 992.800 |
| 2 | Instalación de tubos LED | 2500 | 584 | 1.460.000 | 1.460.000 |
| 3 | Instalación Modulo solar | 120.000 | 34 | 4.080.000 | 6.500.000 |
| | Instalación Batería | 250.000 | 8 | 2.000.000 | |
| | Instalación Regulador de Carga | 70.000 | 6 | 420.000 | |
| 4 | Instalación de tubos LED | 2500 | 584 | 1.460.000 | 4.830.000 |
| | Instalación Modulo solar | 120.000 | 18 | 2.160.000 | |
| | Instalación Batería | 250.000 | 4 | 1.000.000 | |
| | Instalación Regulador de Carga | 70.000 | 3 | 210.000 | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30: Precios sociales por alternativa

| Alternativa | Monto total de mercado (\$) | Factor de corrección | Precios social (\$) |
|-------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|
| 1 | 992.800 | 0,98 | 972.944 |
| 2 | 1.460.000 | 0,98 | 1.430.800 |
| 3 | 6.500.000 | 0,98 | 6.370.000 |
| 4 | 4.830.000 | 0,98 | 4.733.400 |

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Mantenimiento

Para la situación actual, alternativa 1 y 2 no hay mantención implicada, en cuanto a las alternativas 4 y 5 se cotizo en la empresa Victron Energy especificaron que si bien los módulos solares no necesitan mantención de piezas, es necesaria la limpieza de los arreglos fotovoltaicos pues cualquier impureza puede afectar su eficiencia

Tabla 31: Mantención mensual por alternativa

| Alternativa | Tarea implicada | Costo unitario (\$/unidad) | Unidades | Costo mensual (\$) |
|-------------|---------------------------|----------------------------|----------|--------------------|
| 0 | - | - | - | |
| 1 | - | - | - | |
| 2 | - | - | - | |
| 3 | Limpieza del modulo solar | 800 | 34 | 27.200 |
| 4 | Limpieza del modulo solar | 800 | 18 | 14.400 |

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4 Costo operacional anual

El costo operacional anual de todas las alternativas el desembolso asociados al pago por energía eléctrica, para calcular el precio por energía eléctrica desde la red (\$/kWh) se utiliza la ecuación mencionada en la figura 21, los datos se obtienen de la última cuenta de luz observada (imagen 8).

$$\text{Precio de la electricidad } \left(\frac{\$}{kWh} \right) = \frac{\text{Costo por energía consumidos en el mes}}{\text{energía consumida en el mes}}$$

$$\text{Precio de la electricidad } \left(\frac{\$}{kWh} \right) = \frac{\$831.334}{9.944 kWh}$$

$$\text{Precio de la electricidad } \left(\frac{\$}{kWh} \right) = 88,02 \frac{\$}{kWh}$$

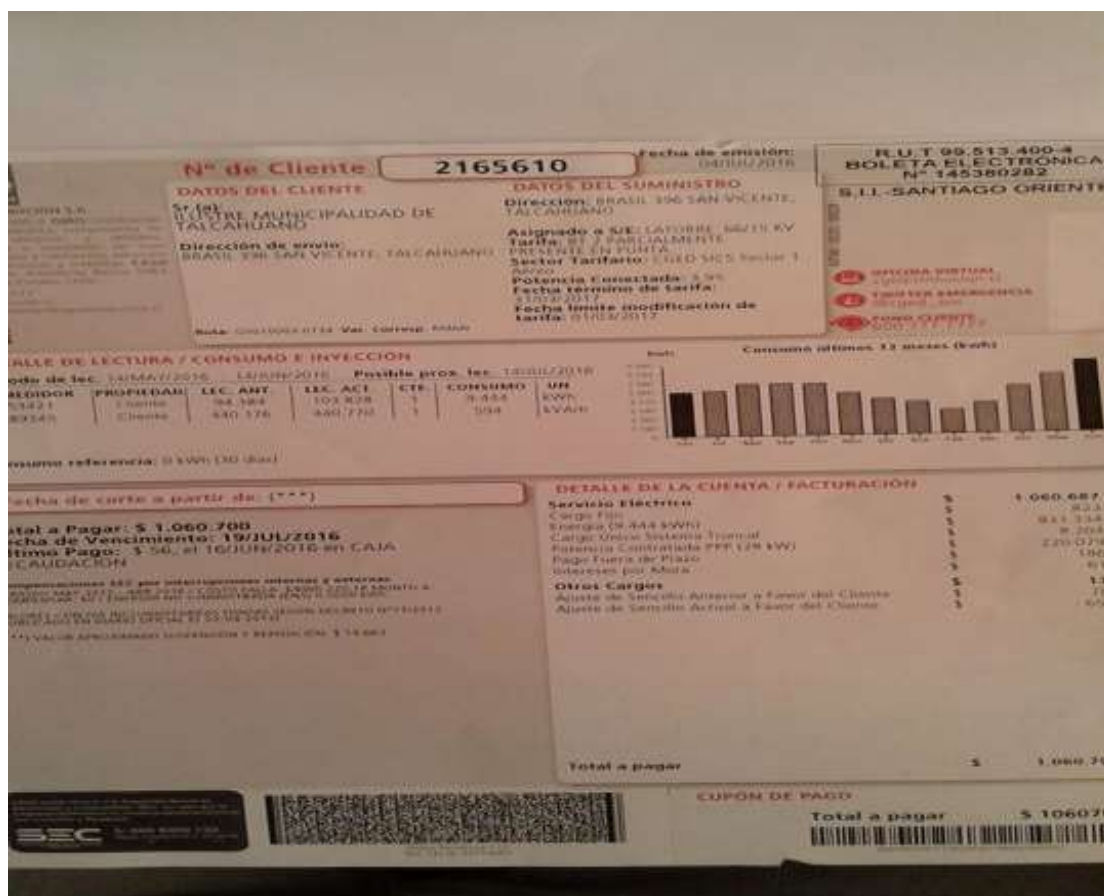


Imagen 7: Cuenta de luz de la escuela San Vicente C-1200

Tabla 32: Costo operacional anual de la situación actual y de las alternativas de solución

| Alternativa | Consumo energético luminaria diario estimado (Wh/día) | Días hábiles anuales | Consumo energético anual (kWh) | Precio de la electricidad (\$/kWh) | Costo anual en iluminación (\$) |
|-------------|---|----------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| 0 | 120.432 | 210 | 25.290,72 | 88,02 | 2.226.089 |
| 1 | 53.712 | | 11.279,52 | | 992.823 |
| 2 | 32.015 | | 6.723,15 | | 591.772 |
| 3 | 47.520 | | 9.979,2 | | 878.369 |
| 4 | 28.905 | | 6.070,05 | | 534.286 |

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5 Valor de desecho

Al terminar el horizonte de planificación, existe un valor de canje estimado para algunos de los activos fijos relacionada con cada alternativa, estos valores hay que incluirlo en el flujo de caja, se estima según como se revenden actualmente los activos.

Por otra parte, las alternativas que implican un reemplazo total o parcial de la luminaria convencional, deben incluir el ingreso por canje de la luminaria que ya no se utilizará.

Hay que tener en cuenta que los activos que son revendidos deben ser retirados de las dependencias de la escuela y por ende es necesario asignarles un costo por desinstalar

Tabla 33: Precio de reventa de activos fijos al final del horizonte de planificación.

| Alternativa | Activo fijo | Costo unitario (\$) | Factor al termino del horizonte de planificación | Precio unitario (\$/unidad) |
|-------------|---------------------|---------------------|--|-----------------------------|
| 1 | Tubos fluorescentes | 1.290 | 0 | 0 |
| 2 | Tubos LED | 6.890 | 0,85 | 5.857 |
| 3 | Modulo solar | 645.000 | 2/3 | 430.000 |
| | Batería | 80.000 | 0 | 0 |
| | Regulador de Carga | 99.000 | 2/3 | 66.000 |
| 4 | Tubos LED | 6890 | 0,4 | 2.756 |
| | Modulo solar | 645.000 | 2/3 | 430.000 |
| | Batería | 80.000 | 0 | 0 |
| | Regulador de Carga | 99.000 | 2/3 | 66.000 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34: Monto de reventa de las alternativas al cabo del horizonte de planificación

| Alternativa | producto | Precio unitario (\$/unidad) | unidades | Monto de recuperación (\$) | Monto de Canje por alternativa (\$) |
|-------------|---------------------|-----------------------------|----------|----------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Tubos fluorescentes | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Tubos LED | 5.857 | 584 | 3.420.488 | 3.420.488 |
| 3 | Modulo solar | 430.000 | 34 | 14.620.000 | 15.016.000 |
| | Batería | 0 | 0 | 0 | |
| | Regulador de Carga | 66.000 | 6 | 396.000 | |
| 4 | Tubos LED | 5.857 | 584 | 3.420.488 | 11.358.488 |
| | Modulo solar | 430.000 | 18 | 7.740.000 | |
| | Batería | 0 | 0 | 0 | |
| | Regulador de Carga | 66.000 | 3 | 198.000 | |

Fuente: Elaboración propia.

El costo por la reventa de los activos, es debido al trabajo que implica vender los activos, el que fue cotizado en la empresa Victron Energy

Tabla 35: Costo de mercado por reventa.

| Alternativa | Activo fijo | Costo unitario (\$) | Unidades | Costo por reventa (\$) | Costo reventa por alternativa (\$) |
|-------------|---------------------|---------------------|----------|------------------------|------------------------------------|
| 1 | Tubos fluorescentes | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Tubos LED | 400 | 584 | 233.600 | 233.600 |
| 3 | Modulo solar | 40.000 | 34 | 1.360.000 | 1.450.000 |
| | Batería | 0 | 0 | 0 | |
| | Regulador de Carga | 15.000 | 6 | 90000 | |
| 4 | Tubos LED | 400 | 584 | 233.600 | 998.600 |
| | Modulo solar | 40.000 | 18 | 720.000 | |
| | Batería | 0 | 0 | 0 | |
| | Regulador de Carga | 15.000 | 3 | 45.000 | |

Fuente: Elaboración propia.

El factor de corrección, para calcular el precio social, es tomado de la tabla 28.

Tabla 36: Precio social por reventa

| Alternativa | Costo de mercad por reventa | Factor de corrección | Precio social (\$) |
|-------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------|
| 1 | 0 | 0,96 | \$0 |
| 2 | 233.600 | 0,98 | 228.928 |
| 3 | 1.450.000 | 0,98 | 1.421.000 |
| 4 | 998.600 | 0,98 | 978.628 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37: Ingreso por reventa, evaluación social.

| Alternativa | beneficio por reventa | Costo por reventa | Ingreso por reventa |
|-------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 3.420.488 | 228.928 | 3.191.560 |
| 3 | 15.016.000 | 1.421.000 | 13.595.000 |
| 4 | 11.358.488 | 978.628 | 10.379.860 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38: Ingreso por reventa, evaluación privada.

| Alternativa | beneficio por reventa | Costo por reventa | Ingreso por reventa |
|-------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| 1 | 0 | \$0 | 0 |
| 2 | 3.420.488 | 233.600 | 3.186.888 |
| 3 | 15.016.000 | 1.450.000 | 13.566.000 |
| 4 | 11.358.488 | 998.600 | 10.369.888 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39: Precio de reventa de la luminaria actual, por alternativa de solución

| Alternativa | Activo fijo | unidades | Precio unitario(\$/unidad) | Monto (\$) |
|-------------|-------------------|----------|----------------------------|------------|
| 1 | Tubo fluorescente | 346 | 645 | 223.170 |
| 2 | | 624 | | 402.480 |
| 3 | | 346 | | 223.170 |
| 4 | | 624 | | 402.480 |

Fuente: Elaboración propia.

4.2.6 Tasa social de descuento

La tasa social de descuento obtenida de la tabla “precios sociales vigentes 2016” que se encuentra en la página web del Ministerio de Desarrollo Social es de un 6% anual.

4.2.7 Flujo de caja, evaluación social.

Situación actual

| | | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2022 |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año5 | Año 6 | Año 7 |
| Ingresos | | | | | | | | |
| Ingresos por reventa | | | | | | | | |
| Activo Fijo | | | | | | | | |
| Mano de obra | | | | | | | | |
| Costos de operación | | | | | | | | |
| Costos de mantenimiento | | | | | | | | |
| Flujo Neto | | | | | | | | |

Alternativa 1

| | | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2022 |
|-------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año5 | Año 6 | Año 7 |
| Ingresos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ingresos por reventa | -223.170 | | | | | | | 0 |
| Activo Fijo | | | | | | | | |
| Mano de obra | 972.944 | | | | | | | |
| Costos de operación | | 992.823 | 992.823 | 992.823 | 992.823 | 992.823 | 992.823 | 992.823 |
| Costos de mantenimiento | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo Neto | 749.774 | 992.823 | 992.823 | 992.823 | 992.823 | 992.823 | 992.823 | 992.823 |

Alternativa 2

| | | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2022 |
|-------------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|
| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año5 | Año 6 | Año 7 |
| Ingresos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ingresos por reventa | -402.480 | | | | | | | -3.191.560 |
| Activo Fijo | 4.023.760 | | | | | | | |
| Mano de obra | 1.460.000 | | | | | | | |
| Costos de operación | | 591.772 | 591.772 | 591.772 | 591.772 | 591.772 | 591.772 | 591.772 |
| Costos de mantenimiento | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo Neto | 5.081.280 | 591.772 | 591.772 | 591.772 | 591.772 | 591.772 | 591.772 | -2.599.789 |

Alternativa 3

| | | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2022 |
|-------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año5 | Año 6 | Año 7 |
| Ingresos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ingresos por reventa | -223.170 | | | | | | | -13.595.000 |
| Activo Fijo | 23.164.000 | | | | | | | |
| Mano de obra | 6.370.000 | | | | | | | |
| Costos de operación | | 878.369 | 878.369 | 878.369 | 878.369 | 878.369 | 878.369 | 878.369 |
| Costos de mantenimiento | | 326.400 | 326.400 | 326.400 | 326.400 | 326.400 | 326.400 | 326.400 |
| Flujo Neto | 29.310.830 | 1.204.769 | 1.204.769 | 1.204.769 | 1.204.769 | 1.204.769 | 1.204.769 | -12.390.231 |

Alternativa 4

| | | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2022 |
|-------------------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año5 | Año 6 | Año 7 |
| Ingresos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ingresos por reventa | -402.480 | | | | | | | -10.379.860 |
| Activo Fijo | 16.250.760 | | | | | | | |
| Mano de obra | 4.733.400 | | | | | | | |
| Costos de operación | | 534.286 | 534.286 | 534.286 | 534.286 | 534.286 | 534.286 | 534.286 |
| Costos de mantenimiento | | 172.800 | 172.800 | 172.800 | 172.800 | 172.800 | 172.800 | 172.800 |
| Flujo Neto | 20.581.580 | 707.086 | 707.086 | 707.086 | 707.086 | 707.086 | 707.086 | -9.672.774 |

4.2.8 Flujo de caja, evaluación privada

Situación actual

| | | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2022 |
|-------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año5 | Año 6 | Año 7 |
| Ingresos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ingresos por reventa | | | | | | | | 0 |
| Activo Fijo | | | | | | | | |
| Mano de obra | | | | | | | | |
| Costos de operación | | 2.226.089 | 2.226.089 | 2.226.089 | 2.226.089 | 2.226.089 | 2.226.089 | 2.226.089 |
| Costos de mantenimiento | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo Neto | 0 | 2.226.089 | 2.226.089 | 2.226.089 | 2.226.089 | 2.226.089 | 2.226.089 | 2.226.089 |

Alternativa 1

| | | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2022 |
|-------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año5 | Año 6 | Año 7 |
| Ingresos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ingresos por reventa | -223.170 | | | | | | | 0 |
| Activo Fijo | | | | | | | | |
| Mano de obra | 992.800 | | | | | | | |
| Costos de operación | | 992.823 | 992.823 | 992.823 | 992.823 | 992.823 | 992.823 | 992.823 |
| Costos de mantenimiento | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo Neto | 769.630 | 992.823 | 992.823 | 992.823 | 992.823 | 992.823 | 992.823 | 992.823 |

Alternativa 2

| | | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2022 |
|-------------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|
| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año5 | Año 6 | Año 7 |
| Ingresos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ingresos por reventa | -402.480 | | | | | | | -3.186.888 |
| Activo Fijo | 4.023.760 | | | | | | | |
| Mano de obra | 1.430.800 | | | | | | | |
| Costos de operación | | 591.772 | 591.772 | 591.772 | 591.772 | 591.772 | 591.772 | 591.772 |
| Costos de mantenimiento | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo Neto | 5.052.080 | 591.772 | 591.772 | 591.772 | 591.772 | 591.772 | 591.772 | -2.599.789 |

Alternativa 3

| | | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2022 |
|-------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año5 | Año 6 | Año 7 |
| Ingresos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ingresos por reventa | -223.170 | | | | | | | -13.566.000 |
| Activo Fijo | 23.164.000 | | | | | | | |
| Mano de obra | 6.370.000 | | | | | | | |
| Costos de operación | | 878.369 | 878.369 | 878.369 | 878.369 | 878.369 | 878.369 | 878.369 |
| Costos de mantenimiento | | 326.400 | 326.400 | 326.400 | 326.400 | 326.400 | 326.400 | 326.400 |
| Flujo Neto | 29.310.830 | 1.204.769 | 1.204.769 | 1.204.769 | 1.204.769 | 1.204.769 | 1.204.769 | -12.361.204 |

Alternativa 4

| | | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2022 |
|-------------------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año5 | Año 6 | Año 7 |
| Ingresos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ingresos por reventa | -402.480 | | | | | | | -10.369.888 |
| Activo Fijo | 16.250.760 | | | | | | | |
| Mano de obra | 4.830.000 | | | | | | | |
| Costos de operación | | 534.286 | 534.286 | 534.286 | 534.286 | 534.286 | 534.286 | 534.286 |
| Costos de mantenimiento | | 172.800 | 172.800 | 172.800 | 172.800 | 172.800 | 172.800 | 172.800 |
| Flujo Neto | 20.678.280 | 707.086 | 707.086 | 707.086 | 707.086 | 707.086 | 707.086 | -9.662.802 |

4.2.7 Indicador económico, evaluación social

A continuación se calcula el indicador económico CAUE tomando de referencia los flujos de cajas puros mencionados anteriormente, específicamente los valores de la evaluación social, cabe destacar que el cálculo se realizó con la tasa social de descuento que es de un 6% y el horizonte de planificación de 7 años.

Tabla 40: Datos resumidos para el cálculo del CAUE, evaluación social.

| Alternativa | Costo inicial (P) P=Inversión total – valor de canje de la alternativa defensora | Valor de Salvamento (VS) | Costos operacionales anuales (CAO) CAO= Costo por iluminación anual + costo por mantención anual |
|-------------|---|--------------------------|---|
| Defensora | 0 | 0 | 2.226.089 |
| Retador 1 | 749.774 | 0 | 992.823 |
| Retador 2 | 5.052.080 | 3.191.560 | 591.772 |
| Retador 3 | 29.310.830 | 13.595.000 | 1.204.769 |
| Retador 4 | 20.581.580 | 10.379.860 | 707.086 |

Fuente: Elaboración propia.

Calculo del CAUE

Horizonte de planificación: 7 años

Tasa de descuento: 6% anual efectivo.

$$CAUE_0 = P_0(A/P, i\%, n) - VS_0(A/F, i, n) + CAO_0$$

$$CAUE_0 = \$0 - \$0 + \$ 2.226.089 = 2.226.089$$

$$CAUE_1 = P_1(A/P, i\%, n) - VS_1(A/F, i, n) + CAO_1$$

$$CAUE_1 = \$749.774 \left[\frac{0,06 * 1,06^7}{1,06^7 - 1} \right] - \$0 + \$992.823$$

$$CAUE_1 = \$1.127.134$$

$$CAUE_2 = P_2(A/P, i\%, n) - VS_2(A/F, i, n) + CAO_2$$

$$CAUE_2 = \$5.052.080 \left[\frac{0,06 * 1,06^7}{1,06^7 - 1} \right] - \$ 3.191.560 \left[\frac{0,06}{1,06^7 - 1} \right] + 591.772$$

$$CAUE_2 = \$ 1.116.549$$

$$CAUE_3 = P_3(A/P, i\%, n) - VS_3(A/F, i, n) + CAO_3$$

$$CAUE_3 = \$29.440.830 \left[\frac{0,06 * 1,06^7}{1,06^7 - 1} \right] - \$13.595.000 \left[\frac{0,06}{1,06^7 - 1} \right] + \$1.204.769$$

$$CAUE_3 = \$4.859.011$$

$$CAUE_4 = P_4(A/P, i\%, n) - VS_4(A/F, i, n) + CAO_4$$

$$CAUE_4 = \$20.581.580 \left[\frac{0,06 * 1,06^7}{1,06^7 - 1} \right] - \$ 10.379.860 \left[\frac{0,06}{1,06^7 - 1} \right] + \$707.086$$

$$CAUE_4 = \$ 3.157.362$$

Tabla 41: Costo anual uniforme equivalente para la situación actual y las alternativas retadoras, evaluación social.

| Alternativa | CAUE |
|-------------|-------------|
| Defensora | \$2.226.089 |
| Retador 1 | \$1.127.134 |
| Retador 2 | \$1.116.549 |
| Retador 3 | \$4.859.011 |
| Retador 4 | \$3.157.362 |

Fuente: Elaboración propia

Luego de calcular el indicador CAUE, utilizándolos precios sociales., para la situación actual y para las alternativas retadoras, se observa que la alternativa 2 es la que arroja menor costo anual uniforme equivalente.

4.2.8 Indicador económico, evaluación privada

A continuación se calcula el indicador económico CAUE tomando de referencia los flujos de cajas de la evaluación privada.

Tabla 42: Datos resumidos para el cálculo del CAUE, evaluación privada

| Alternativa | Costo inicial (P) P=Inversión total – valor de canje de la alternativa defensora | Valor de Salvamento (VS) | Costos operacionales anuales (CAO) CAO= Costo por iluminación anual + costo por mantención anual |
|-------------|---|--------------------------|---|
| Defensora | 0 | 0 | 2.226.089 |
| Retador 1 | 769.630 | 0 | 992.823 |
| Retador 2 | 5.081.280 | 3.186.888 | 591.772 |
| Retador 3 | 29.310.830 | 13.566.000 | 1.204.769 |
| Retador 4 | 20.678.280 | 10.369.888 | 707.086 |

Fuente: Elaboración propia.

Calculo del CAUE

Horizonte de planificación: 7 años

Tasa de descuento: 6% anual efectivo.

$$CAUE_0 = P_0(A/P, i\%, n) - VS_0(A/F, i, n) + CAO_0$$

$$CAUE_0 = \$0 - \$0 + \$ 2.226.089 = 2.226.089$$

$$CAUE_1 = P_1(A/P, i\%, n) - VS_1(A/F, i, n) + CAO_1$$

$$CAUE_1 = \$769.630 \left[\frac{0,06 * 1,06^7}{1,06^7 - 1} \right] - \$0 + \$992.823$$

$$CAUE_1 = \$1.130.691$$

$$CAUE_2 = P_2(A/P, i\%, n) - VS_2(A/F, i, n) + CAO_2$$

$$CAUE_2 = \$5.081.280 \left[\frac{0,06 * 1,06^7}{1,06^7 - 1} \right] - \$ 3.191.560 \left[\frac{0,06}{1,06^7 - 1} \right] + \$591.772$$

$$CAUE_2 = \$ 1.121.780$$

$$CAUE_3 = P_3(A/P, i\%, n) - VS_3(A/F, i, n) + CAO_3$$

$$CAUE_3 = \$29.310.830 \left[\frac{0,06 * 1,06^7}{1,06^7 - 1} \right] - \$13.566.000 \left[\frac{0,06}{1,06^7 - 1} \right] + \$1.204.769$$

$$CAUE_3 = \$4.839.179$$

$$CAUE_4 = P_4(A/P, i\%, n) - VS_4(A/F, i, n) + CAO_4$$

$$CAUE_4 = \$20.678.280 \left[\frac{0,06 * 1,06^7}{1,06^7 - 1} \right] - \$ 10.369.888 \left[\frac{0,06}{1,06^7 - 1} \right] + \$707.086$$

$$CAUE_4 = \$ 3.175.873$$

Tabla 43: Costo anual uniforme equivalente para la situación actual y las alternativas retadoras, evaluación privada.

| Alternativa | CAUE |
|-------------|--------------|
| Defensora | \$2.226.089 |
| Retador 1 | \$1.130.691 |
| Retador 2 | \$ 1.121.780 |
| Retador 3 | \$4.839.179 |
| Retador 4 | \$3.175.873 |

Fuente: Elaboración propia

Luego de calcular el indicador CAUE para la situación actual y para las alternativas retadoras, se observa que la alternativa 2 es la que arroja menor costo anual uniforme equivalente, utilizándolos precios de mercado.

4.2.8 Análisis de sensibilidad

Se muestra la variación del indicador económico CAUE de la evaluación social, en cuanto se varía el precio de la electricidad. Primero se muestra como varía el costo de electricidad anual cuando varía el precio de la electricidad, luego el comportamiento del indicador económico.

Tabla 44: Variación del precio de la electricidad

| Variación de la electricidad | Precio de la electricidad (\$/kWh) |
|------------------------------|------------------------------------|
| 50% | 44,01 |
| 75% | 66,015 |
| 125% | 110,025 |
| 150% | 132,03 |
| 175% | 154,035 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45: Costo anual de energía eléctrica por alternativa según la variación del precio de la electricidad.

| Alternativas | 50% | 75% | 125% | 150% | 175% |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 0 | 1.113.044,59 | 1.669.566,88 | 2.782.611,47 | 3.339.133,76 | 3.895.656,06 |
| 1 | 496.411,675 | 744.617,513 | 1.241.029,19 | 1.489.235,03 | 1.737.440,86 |
| 2 | 295.885,832 | 443.828,747 | 739.714,579 | 887.657,495 | 1.035.600,41 |
| 3 | 439.184,592 | 658.776,888 | 1.097.961,48 | 1.317.553,78 | 1.537.146,07 |
| 4 | 267.142,901 | 400.714,351 | 667.857,251 | 801.428,702 | 935.000,152 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46: CAUE según la variación del precio de la electricidad.

| Alternativas | 50% | 75% | 125% | 150% | 175% |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 0 | \$ 1.113.045 | \$ 1.669.567 | \$ 2.782.611 | \$ 3.339.134 | \$ 3.895.656 |
| 1 | \$ 1.627.102 | \$ 1.875.308 | \$ 2.371.720 | \$ 2.619.926 | \$ 2.868.132 |
| 2 | \$ 806.281 | \$ 954.223 | \$ 1.250.109 | \$ 1.398.052 | \$ 1.545.995 |
| 3 | \$ 4.419.828 | \$ 4.639.420 | \$ 5.078.605 | \$ 5.298.197 | \$ 5.517.789 |
| 4 | \$ 3.123.294 | \$ 3.256.865 | \$ 3.524.008 | \$ 3.657.580 | \$ 3.791.151 |

Fuente: Elaboración propia.

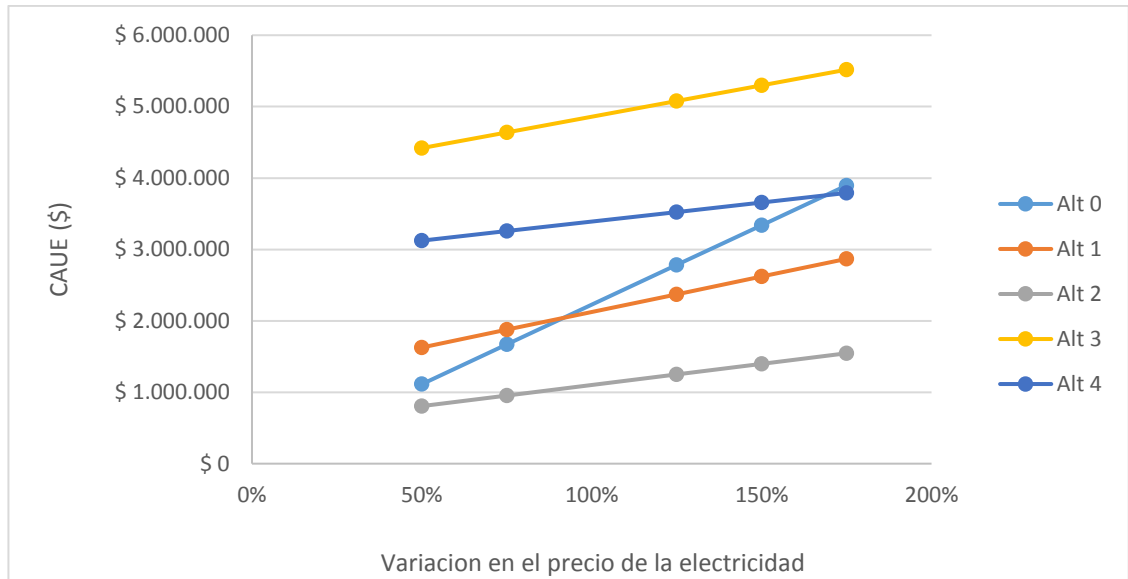


Grafico 2: CAUE para la variación del precio de la electricidad

De lo observado de la tabla 42 y del grafico 4 se desprende que al hacer variar el precio de la electricidad la alternativa 2 mantiene un menor costo anual uniforme equivalente, eso quiere decir que la alternativa más económica es remplazar toda la luminaria actual por iluminación tipo LED.

CAPITULO V: EXTERNALIDADES

reemplazo de la iluminación convencional por iluminación LED, no solamente trae beneficios económicos si no que tiene impactos positivos en la sociedad:

La instalación de la luminaria LED es una oportunidad de negocio para alguna de las empresas de la región, lo cual es positivo para ellos pues tienen la posibilidad de ejercer y cobrar justamente

Los tubos LED consumen menos energía por año que la situación actual, lo que es positivo para el medio ambiente, ya que todavía participan termoeléctricas de la red eléctrica

El estudio puede ser tomado como referencia a otras escuelas de similares características, de esa forma la municipalidad, a largo plazo, puede ahorrar en energía energética.

Al comprar luminaria LED se incentiva a que creciendo la tecnología más eficiente, ya que el negocio al que se le compre, aumenta sus ganancias gracias a proyectos de ahorro.

personal de la administración de la escuela se sentirá más tranquilo al pagar la cuenta de luz, ya que estará disminuida en su cuenta, y se tendrá una satisfacción por estar trabajando más eficiente

Como el proyecto es en una escuela, los alumnos y profesores lo pueden tomar como estudio y de esa forma observar, que un cambio en la tecnología puede traer frutos monetarios y ambientales

CAPITULO VI: CONCLUSIÓN

Luego del análisis del consumo eléctrico de todas las escuelas de Talcahuano, se observa que la escuela de San Vicente C-1200 tiene un alto consumo energético por alumnos en comparación a las escuelas símiles. Para solucionar el problema se plantearon cuatro alternativas de solución, impulsadas por: nuevos parámetros de iluminación e iluminación más eficiente.

Las alternativas fueron evaluadas técnicamente, lo que dio pie para saber la inversión monetaria que implica ejecutar las alternativas de solución. Se destaca que al hacer el estudio se muestra que la escuela actualmente, esta sobre dimensionada en iluminación.

El estudio económico, tanto el privado como el social, arrojó que las alternativas que incluyen alimentación de energía eléctrica por medio de paneles solares, son más caras que las alternativas que no las incluyen, sin embargo si el precio de la electricidad sube un 75% se hace más económica la instalación de los paneles solares. El aspecto más importante del estudio económico es que la alternativa 2 (reemplazar la iluminación convencional por iluminación tipo LED) es la alternativa menos costosa durante el horizonte de planificación. Ya que es la mirada monetaria la que acepta o rechaza el reemplazo de un proyecto, se recomienda el remplazo de la iluminación actual por iluminación tipo LED, pues aún cuando suba o baje el precio de la electricidad, esta alternativa es a largo plazo (7 años) la menos costosa.

Además cabe mencionar que la iluminación de la situación actual, según los parámetros mostrados en el estudio, esta sobre dimensionada, esto es la causa de que la escuela este pagando más electricidad por alumno. En este sentido es importante que la municipalidad esté al tanto y tenga herramientas para remediar el problema.

CAPITULO VII: BIBLIOGRAFÍA

Blank, L. (1997). *Ingeniería Económica*.

Thuesen, H. Ingeniería (2002). *Ingeniería Económica*.

Sapag, N. (2011). *Proyectos de inversión: Formulación y evaluación*. (2). Santiago, Chile: Pearson Educación.

Sapag, N. (1989). *Preparación y evaluación de proyectos*. (2). México: McGraw-Hill Interamericana.

Sony, N. (2005). *The transition to LED illumination: A case study on energy conservation*.

Morrow, R. (2008). *LED lighting in Horticulture*.

Mora, O (2010). *Sistema de iluminación con luces LED accionadas con energía solar para un edificio público*

CORFO (1980). *Manual de ahorro energético para la industria*

Candia, J (2015). *Evaluación social de proyectos*.

Douglas, D(1979). *Solar Energy*.

MIDEPLAN (1998). *Preparación y presentación de proyectos de inversión*.