



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación.**

**“INSTALACIÓN Y CALIBRACIÓN DE UNA UNIDAD DE  
ANÁLISIS AUTOMÁTICO DE ORINA”**

**INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD, ESPECIALIZACIÓN  
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

Presentado por:

Pedro Neptalí Villena Aguirre.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2012

## **TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**



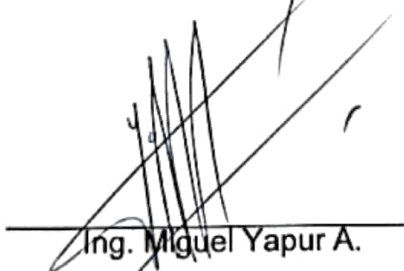
Ing. Boris Vintimilla B.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADUACIÓN.**



Ing. María Antonieta Álvarez V.

**VOCAL PRINCIPAL.**



Ing. Miguel Yapur A.

**DIRECTOR DEL TRABAJO PROFESIONAL.**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Art. 12 del Reglamento de Graduación de la ESPOL



---

Pedro Villena Aguirre.

## DEDICATORIA

A mi familia y mis hijos con todo el  
cariño del mundo.

*Pedro Villena Aguirre.*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios que me ha dado todo a lo largo de mi vida, a mi esposa, hijos y amigos.

## **RESUMEN**

A lo largo de la última década el laboratorio clínico del hospital Alfredo J, Valenzuela ha entrado a un proceso de modernización de los diversos procedimientos de análisis clínicos, entre los que se encuentra el uro-análisis; para lo cual el hospital realizó la adquisición de una unidad de análisis automático de orina, a fin de agilizar el procedimiento y mejorar la calidad del análisis del mismo.

Al ser autorizada la compra e instalación del equipo aparecieron diversos problemas relacionados a la distribución eléctrica, espacio físico, climatización, los cuales al ser detectados llevaron a la realización de un estudio exhaustivo del área para posteriormente realizar las correcciones necesarias, a fin de salvaguardar al nuevo equipo y mejorar la operatividad de los que ya instalados.

Por otro lado, la unidad de análisis de orina, la cual es de procedencia húngara es un complejo sistema robótico automatizado con una diversidad de sensores y actuadores, los cuales necesitan de calibración previo a ponerla en operatividad.

A lo largo de este informe se detallan las correcciones a la instalación eléctrica del lugar y las diversas calibraciones realizadas al equipo previo a su puesta en marcha en el laboratorio.

# ÍNDICE GENERAL

|                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| RESUMEN .....                                                                                                    | VI  |
| ÍNDICE GENERAL .....                                                                                             | VII |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                                                                          | IXI |
| CAPÍTULO 1 .....                                                                                                 | 13  |
| INTRODUCCIÓN. ....                                                                                               | 13  |
| 1.1IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS DE ORINA. ....                                                                       | 14  |
| 1.1.1 Composición de la orina. ....                                                                              | 14  |
| 1.1.2 Importancia de la orina en la fisiología humana. ....                                                      | 15  |
| 1.2 VENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN EN EL PROCESO DE ANÁLISIS DE ORINA. ...                                        | 16  |
| 1.2.1Antecedentes. ....                                                                                          | 17  |
| 1.2.2Procedimientos para realizar el análisis de orina. ....                                                     | 18  |
| 1.2.3 Justificación de la adquisición.....                                                                       | 24  |
| 1.2.4 Ventajas de la automatización del proceso de uro-análisis.....                                             | 25  |
| CAPÍTULO2 .....                                                                                                  | 26  |
| INFORMACIÓN TÉCNICA.....                                                                                         | 26  |
| 2.1UNIDAD DE ANÁLISIS DE ORINA. ....                                                                             | 27  |
| 2.1.1Módulo de análisis químico de orina “combi scan xl”. ....                                                   | 27  |
| 2.1.2Módulo de análisis de sedimento urinario “cobio xs”.....                                                    | 30  |
| 2.1.3Unidad de proceso de datos. ....                                                                            | 33  |
| 2.2INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL ÁREA DE LABORATORIO CLÍNICO DEL HOSPITAL<br>NEUMOLÓGICO ALFREDO J. VALENZUELA. .... | 34  |
| 2.2.1Consideraciones preliminares.....                                                                           | 35  |
| 2.2.2Estado de los tomacorrientes. ....                                                                          | 35  |
| 2.2.3Tensión de alimentación. ....                                                                               | 35  |
| 2.2.4Transformador principal del área de laboratorio clínico.....                                                | 36  |
| 2.2.5Situación de las cargas.....                                                                                | 39  |
| 2.3CONSIDERACIONES ADICIONALES (CLIMATIZACIÓN Y AGUA DESTILADA). ....                                            | 40  |
| CAPÍTULO 3 .....                                                                                                 | 42  |
| DESARROLLO DE ACTIVIDADES. ....                                                                                  | 42  |
| 3.1CÁLCULO DE CARGA, DIMENSIONAMIENTO DE TRANSFORMADOR Y<br>PROTECCIONES ELÉCTRICAS. ....                        | 42  |
| 3.1.1 Potencia demandada y protecciones individuales. ....                                                       | 42  |
| 3.1.1 Selección del transformador .....                                                                          | 45  |
| 3.1.2 Conductores y disyuntores en la acometida. ....                                                            | 47  |
| 3.2ADECUACIONES ADICIONALES (ADECUACIONES FÍSICAS, UPS'S, CLIMATIZACIÓN<br>Y SUMINISTRO DE AGUA DESTILADA).....  | 49  |
| 3.2.1Adecuaciones físicas .....                                                                                  | 49  |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.2Selección de ups's .....                                                      | 50 |
| 3.2.3Suministro de agua bi-distilada.....                                          | 51 |
| 3.3INSTALACIÓN Y CALIBRACIÓN DE LA UNIDAD DE ANÁLISIS AUTOMÁTICO DE<br>ORINA. .... | 52 |
| 3.3.1Instalación de la unidad de análisis de orina. ....                           | 52 |
| 3.3.2Calibraciones                                                                 | 58 |
| CAPÍTULO 4 .....                                                                   | 71 |
| RESULTADOS.....                                                                    | 71 |
| 4.1TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA. ....                                   | 71 |
| 4.2SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN.....                                                   | 72 |
| 4.3UNIDAD DE ANÁLISIS DE ORINA EN SU LUGAR DE TRABAJO. ....                        | 73 |
| 4.4COMBISCAN XL. ....                                                              | 74 |
| 4.5COBIO XS. ....                                                                  | 75 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....                                                | 77 |
| CONCLUSIONES. ....                                                                 | 77 |
| RECOMENDACIONES. ....                                                              | 78 |
| ANEXOS. ....                                                                       | 80 |
| ANEXO A.....                                                                       | 81 |
| ANEXO B.....                                                                       | 83 |
| ANEXO C. ....                                                                      | 85 |
| BIBLIOGRAFÍA. ....                                                                 | 86 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.1. Muestra de orina. ....                                                                                                        | 15 |
| Figura 1.2. Laboratorio clínico hospital Alfredo J. Valenzuela. ....                                                                      | 18 |
| Figura 1.3. Tira para análisis de orina. ....                                                                                             | 19 |
| Figura 1.4. Parámetros asociados a cada almohadilla en las tiras para<br>análisis de orina. ....                                          | 20 |
| Figura 1.5. Paso 1. ....                                                                                                                  | 21 |
| Figura 1.6. Paso 2. ....                                                                                                                  | 21 |
| Figura 1.7. Paso 3. ....                                                                                                                  | 22 |
| Figura 1.8. Paso 1. ....                                                                                                                  | 22 |
| Figura 1.9. Paso 2. ....                                                                                                                  | 23 |
| Figura 1.10. Paso 3. ....                                                                                                                 | 24 |
| Figura 2.1. Diagrama de bloques del sistema. ....                                                                                         | 26 |
| Figura 2.2. Diagrama de bloques del módulo CombiScan XL. ....                                                                             | 28 |
| Figura 2.3. Cubeta de orina Urised. ....                                                                                                  | 31 |
| Figura 2.3. Diagrama de bloques del módulo Cobio XS. ....                                                                                 | 31 |
| Figura 2.4. Diagrama de bloques de la unidad de proceso de datos. ....                                                                    | 34 |
| Figura 2.5. Transformador de alimentación del área de laboratorio clínico del<br>hospital Valenzuela. ....                                | 36 |
| Figura 2.6. Esquema de la conexión Y-Y del transformador de alimentación del<br>área de laboratorio clínico del hospital Valenzuela. .... | 37 |
| Figura 2.7. Diagrama unifilar. ....                                                                                                       | 39 |
| Figura3.1. Panel de disyuntores del laboratorio del hospital Valenzuela. ....                                                             | 45 |
| Figura3.2. Transformador adquirido para el laboratorio. ....                                                                              | 46 |
| Figura 3.3. Adaptacionesa mesones. ....                                                                                                   | 50 |
| Figura 3.4. Destilador de agua. ....                                                                                                      | 52 |
| Figura 3.5. Tacómetro digital marca Extech. ....                                                                                          | 53 |
| Figura 3.6. Botellones de agua destilada. ....                                                                                            | 55 |
| Figura 3.7. Llevando a cabo la capacitación a operarios. ....                                                                             | 56 |
| Figura 3.8. Software CombiScan XL. ....                                                                                                   | 57 |
| Figura 3.9. Software de unidad de proceso de datos. ....                                                                                  | 58 |
| Figura 3.10. Estado de sensores en CombiScan XL. ....                                                                                     | 61 |
| Figura 3.11. Tareas de mantenimiento disponibles en CombiScan. ....                                                                       | 62 |
| Figura 3.12. Pruebas a motores del módulo CombiScan XL. ....                                                                              | 63 |
| Figura 3.13. Parametros del módulo CombiScan XL. ....                                                                                     | 64 |

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 3.14. Estado de sensores en Cobio XS. ....                                      | 67 |
| Figura 3.15. Pruebas a motores enCobio XS.....                                         | 68 |
| Figura 3.16. Tareas de mantenimiento disponible en Cobio XS.....                       | 69 |
| Figura 3.17. Parámetros de módulo Cobio XS.....                                        | 70 |
| Figura 4.1. Transformador de distribución eléctrica.....                               | 72 |
| Figura 4.2. Unidades de climatización.....                                             | 72 |
| Figura 4.3. Módulos CombiScan XL y Cobio XS en su lugar de trabajo.<br>(3x.6x.5) ..... | 73 |
| Figura 4.4. Unidad de análisis de orina en su lugar de trabajo. ....                   | 74 |
| Figura 4.5. Módulo CombiScan XL. ....                                                  | 74 |
| Figura 4.6. Módulo Cobio XS.....                                                       | 75 |
| Figura 4.7. Reporte de análisis de orina.....                                          | 76 |

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN.**

Desde tiempos antiguos el análisis de orina ha sido utilizado como medio de diagnóstico de enfermedades, basado en la observación de la orina. Uno de los pioneros en este tipo de análisis fue el médico griego Galeno, el cual mediante las propiedades del color y del olor de la orina, podía reconocer ciertas patologías. A este método se lo denomina uroscopía.

El método uroscópico, usando las propiedades del olor y color, permite hasta la actualidad un diagnóstico inmediato de numerosas enfermedades, pero el avance en la tecnología ha convertido al análisis de orina en un procedimiento más preciso y confiable en su diagnóstico.

## **1.1 IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS DE ORINA.**

El análisis de orina es un procedimiento físico-químico, su fin es reconocer las propiedades que constituyen indicadores importantes de la salud en los pacientes.

La orina es un líquido acuoso transparente, de color amarillento, de olor desagradable, secretado por los riñones y eliminado por el aparato urinario.

Las características más útiles del análisis de orina son: lo fácil y rápidamente disponible de la muestra a analizar, la posibilidad de obtener información sobre muchas funciones metabólicas importantes de nuestra fisiología, y al ser un método de laboratorio simple. Los elementos que constituyen la orina son dinámicos y pueden variar con la forma de alimentación, actividad, consumo de medicamentos y otras causas.

### **1.1.1 Composición de la orina.**

En los seres humanos se eliminan aproximadamente 1,4 litros de orina al día. La orina normal contiene un 96% de agua, un 4% de sólidos en solución y aproximadamente 20g de urea por litro. Cerca de la mitad de los sólidos son urea, el principal producto de degradación del metabolismo de las proteínas. El

resto incluye nitrógeno, cloruros, fósforo, amonio, creatinina y ácido úrico.

Composición de la orina en mg/100 ml de fluido - Urea: 2.0 -  
Ácido úrico: 0.05 - Sales inorgánicas: 1.50



**Figura 1.1. Muestra de orina.**

### **1.1.2 Importancia de la orina en la fisiología humana.**

La orina como producto de los procesos del aparato urinario en la homeostasis (absorción de nutrientes en los mamíferos) es de importancia para:

1. Eliminación de sustancias tóxicas producidas por el metabolismo celular como la urea.
2. Eliminación de sustancias tóxicas como la ingesta de drogas.

3. El control electrolítico, regulando la excreción de sodio y potasio principalmente.
4. Regulación hídrica o de la volemia, para el control de la tensión arterial.
5. Control del equilibrio ácido-base.

El análisis de orina proporciona información valiosa para la detección, diagnóstico, más aún, para revelar los elementos de enfermedades sistémicas que transcurren inadvertidas o asintomáticas. Su interpretación data desde los comienzos de la medicina, y gracias al desarrollo de técnicas bioquímicas aplicadas a la orina, la información que aporta, así como su exactitud, están en continuo crecimiento.

## **1.2 VENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN EN EL PROCESO DE ANÁLISIS DE ORINA.**

El análisis de orina es un conjunto de pruebas efectuadas sobre la orina desde el punto de vista físico, químico y microscópico, que nos da información acerca de problemas renales, trastornos del sistema urinario e incluso sobre el funcionamiento general del organismo, este conjunto de pruebas tradicionalmente lo realiza personal de laboratorio clínico de manera manual, y mediante un análisis visual sea de las tiras y/o de las muestras de orina en el microscopio.

### **1.2.1 Antecedentes.**

El Hospital Neumológico Alfredo J. Valenzuela fue fundado en el año de 1948 en la ciudad de Guayaquil, como lugar especializado en la lucha contra las enfermedades pulmonares, principalmente la tuberculosis. Debido al posible deterioro del organismo en los pacientes debido a los medicamentos de amplio espectro para tratar las enfermedades pulmonares, se necesita llevar un seguimiento de la situación de todo el organismo del paciente frente al tratamiento. Este factor hace que el laboratorio clínico del hospital Valenzuela sea uno de los más completos de la ciudad.

El laboratorio clínico del hospital Valenzuela es un área vital de realimentación para los médicos tratantes del hospital. Esta área trabaja de lunes a viernes de 7:00 a 24:00 horas, sábados y domingos de 7:00 a 17:30 en turnos rotativos; cuenta con una plantilla de 23 personas entre tecnólogos, licenciados y médicos. La demanda diaria de pacientes (60 pacientes entre internos y externos) exige la rapidez en la entrega de resultados de los análisis, lo que ha llevado paulatinamente a la modernización del área mediante la adquisición de equipos automáticos, para la realización de los análisis en las diversas ramas de la medicina.



**Figura 1.2. Laboratorio clínico hospital Alfredo J. Valenzuela.**

El análisis de orina hasta antes de la instalación del equipo se había venido realizando de manera tradicional presentando consigo los inconvenientes asociados a la realización de una tarea tediosa con la intervención humana.

### **1.2.2 Procedimientos para realizar el análisis de orina.**

Análisis químico urinario.- Se realiza mediante el uso de tiras, las cuales poseen almohadillas en su lomo, las cuales están impregnadas con reactivos químicos, que hacen que las almohadillas cambien su color, dependiendo de las condiciones de la muestra de orina en las que éstas sean sumergidas. Los parámetros capaces de ser cuantificados mediante estas tiras

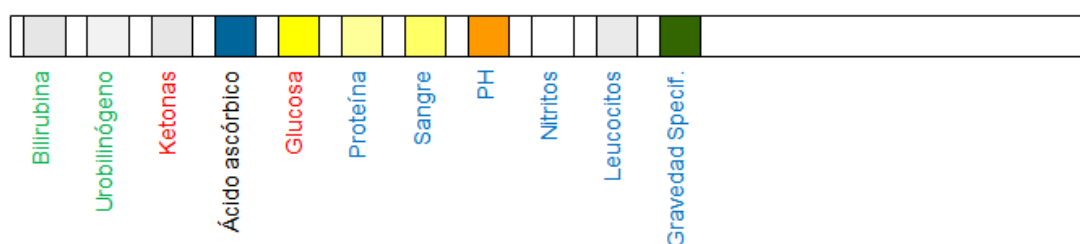
son elementos químicos producto del metabolismo del organismo y de procesos patológicos.



**Figura 1.3. Tira para análisis de orina.**

En la fig.1.4 se observan los parametros vinculados a cada almohadilla; revisándolos desde la izquierda los dos primeros corresponden a bilirrubina y urobilinógeno, los cuales son indicadores de posibles afecciones al hígado; la tercera y la quinta almohadilla corresponden a ketonas y glucosa, los cuales son parametros relacionados con desordenes metabólicos (como la diabetes por citar un ejemplo); la cuarta almohadilla responde ante la presencia de acido ascórbico en la orina, la importancia de este parametro radica en que dependiendo de su cantidad en la orina, altera la medicion de las ketonas y glucosa, lo que puede llevar a errar en el diagnostico de la diabetes. Las almohadillas restantes corresponden a proteínas,

sangre, potencial hidrógeno, nitritos, leucocitos y peso específico de la muestra de orina, todos estos parámetros corresponden a productos del sistema renal de ahí que éstos diagnostican posibles enfermedades en los riñones o del tracto urinario.



**Figura 1.4. Parámetros asociados a cada almohadilla en las tiras para análisis de orina.**

Los pasos que debería seguir el laboratorista para realizar el análisis químico son los siguientes:

1. Sumergir la tira en la muestra de orina durante 2Seg de modo que todos sus sectores queden cubiertos.



**Figura 1.5. Paso 1.**

2. Cuidadosamente, retirar el exceso de orina de la tira en el borde del contenedor de la muestra o con papel absorbente.



**Figura 1.6. Paso 2.**

3. Sujetar la tira en paralelo a la tabla de colores en el tubo de las tiras y anotar los resultados, esto debe realizarse con luz del día difuminada.



**Figura 1.7. Paso 3.**

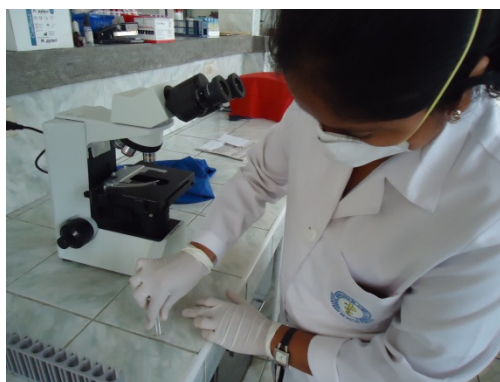
Análisis microscópico de sedimento urinario.- Se realiza con la ayuda de un microscopio haciendo la observación de los elementos presentes en el sedimento, a continuación se detallan los pasos.

1. Centrifugar 10ml de la muestra de orina durante unos 7 minutos a velocidad de 2000 rpm.



**Figura 1.8. Paso 1.**

2. Descartar el sobrenadante y agitar el sedimento aplicando una gota de éste sobre un portaobjetos, extendiéndolo homogéneamente con un cubreobjetos.



**Figura 1.9. Paso 2.**

3. Finalmente, examinar la muestra con un aumento de 100x para obtener una visión general, luego incrementar el aumento a 400x, lo cual permitirá identificar y contar el número de distintos elementos presentes en la muestra de orina.



**Figura 1.10. Paso 3.**

### **1.2.3 Justificación de la adquisición.**

Como se ha visto en los numerales anteriores, un buen análisis de orina es discriminante y crítico en el diagnóstico de una importante cantidad de patologías

Es evidente que todo el procedimiento del análisis de orina realizado por un laboratorista representa un gran gasto de tiempo en una labor tediosa y repetitiva (el área recibe hasta 60 muestras diarias a ser analizadas), más aun, el error introducido al análisis debido a la observación humana, el inconveniente propio de trabajar con un líquido de olor desagradable, como es la orina, la creciente demanda y el mejorar la calidad del análisis, hacen conveniente la adquisición del nuevo equipo.

#### **1.2.4 Ventajas de la automatización del proceso de Uro-análisis.**

La automatización es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias y/o procesos sustituyendo a operadores humanos. Siendo el análisis de orina un proceso mecánico y repetitivo, es susceptible a la automatización mediante el uso de sensores, actuadores y unidad de procesamiento y control del sistema.

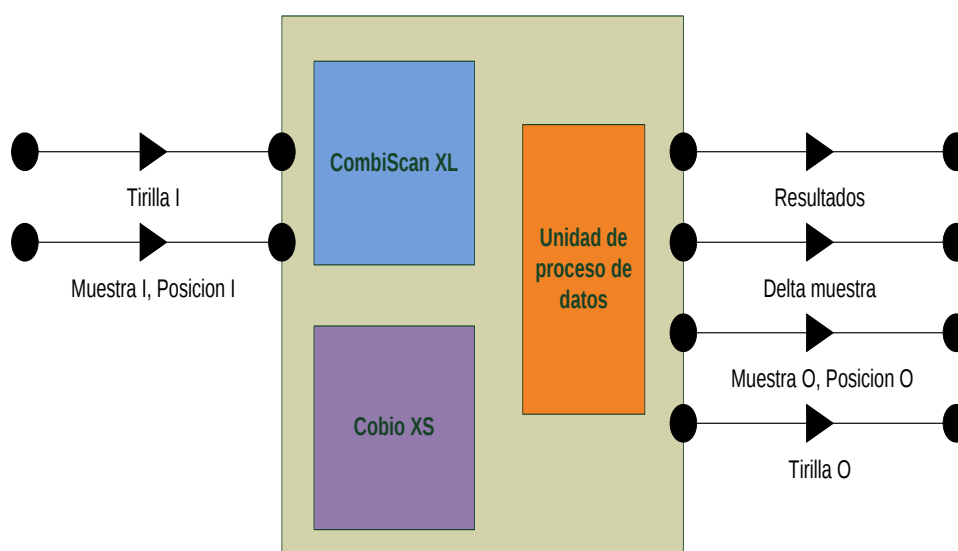
En un laboratorio clínico las ventajas de automatizar el análisis de orina son las siguientes:

1. Un control de calidad más eficiente, ya que el software de procesamiento de imágenes permite la repetitividad a la hora del análisis de una muestra.
2. Incremento en la eficiencia del proceso ya que el análisis se realiza en un estrecho margen de tiempo (2 minutos) y sin la utilización de equipos como centrífugas o microscopios, y un manejo más higiénico de los desechos.
3. Aceleración del despacho de los análisis hacia los médicos que los solicitan.
4. Reducción de la carga trabajo de los laboratoristas a simplemente la supervisión del proceso.

## CAPÍTULO 2

### INFORMACIÓN TÉCNICA.

A continuación se procede a la explicación detallada de las etapas del sistema.



**Figura 2.1. Diagrama de bloques del sistema.**

## **2.1 UNIDAD DE ANÁLISIS DE ORINA.**

La unidad de análisis de orina es un sistema, el cual consta de entradas, procesos y salidas; el fin de éste, es proporcionar de manera confiable, rápida y segura, los resultados de pruebas químicas, de análisis patológico y de sedimento en la orina.

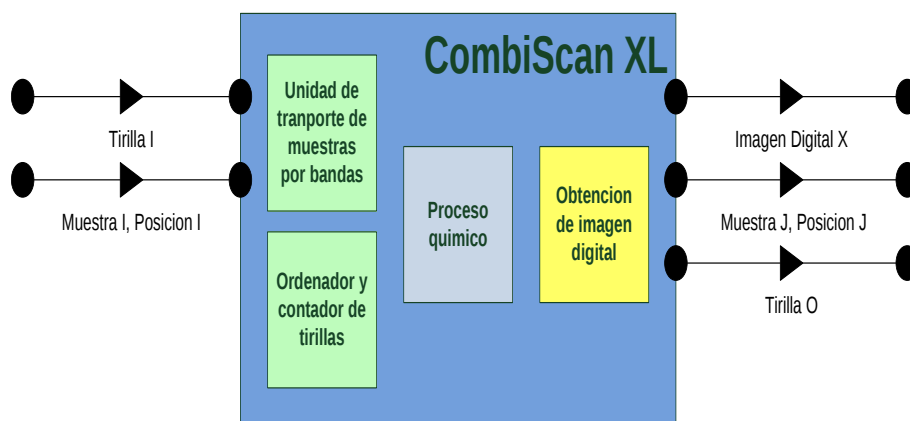
La unidad de análisis de orina está formada por tres módulos, estos son: CombiScan XL (Módulo de análisis químico de orina), Cobio XS (Módulo de análisis de sedimento) y la unidad de proceso de datos (Módulo de análisis patológico).

### **2.1.1 Módulo de análisis químico de orina “Combi scan XL”.**

La primera etapa de análisis en el sistema es el químico, realizada por el módulo CombiScan XL.

Para poder llevar a cabo esta tarea se necesitan unas tirillas especiales (ver numeral 1.2.2), estar preparadas las muestras de orina en la banda transportadora y el ingreso de datos pertinentes al módulo; datos pertinentes como: cantidad de muestras y la orden de inicio.

A continuación, se presenta el diagrama de bloques del analizador químico.



**Figura 2.2. Diagrama de bloques del módulo CombiScan XL.**

El módulo CombiScan necesita de dos entradas: las tirillas de prueba y la muestra de orina.

Las tirillas de prueba “CombiScreen”, son las utilizadas por el módulo CombiScan XL, éstas constan de reactivos químicos, los cuales al entrar en contacto con la muestra de orina, reaccionan cambiando de color.

Las pruebas químicas a realizarse nos dan información acerca del estado de: Bilirrubina, urobilinógeno, cetonas, ácido ascórbico, glucosa, proteínas, sangre, pH, nitritos, leucocitos y la densidad. Existe un reactivo específico para cada parámetro a medir en la muestra de orina. Así mismo, un tiempo de espera es necesario para cada reacción, estando éste entre 60 y 120Seg.

El proceso donde interviene el operario en el módulo CombiScan XL es el siguiente:

1. Fijar parámetros vía pantalla táctil en el software del módulo.
2. Cargar las tirillas CombiScreen en compartimiento dispuesto para ese fin.
3. Ubicar las muestras de orina en las gradillas de tubos de ensayo.
4. Ubicar las gradillas de tubos de ensayo con las muestras de orina en la banda transportadora.
5. Iniciar el análisis.

Una vez realizada la participación del operario, el módulo CombiScan está automatizado para realizar los pasos siguientes, estos son:

6. Ordenar las tirillas.
7. Avanzar cada gradilla de tubos ensayo por la banda transportadora, luego las ubica en una posición correcta para realizar la prueba.
8. El brazo robótico toma la tirilla a usarse del juego de bandas transportadoras, la sumerge en la muestra de orina y la vuelve a depositar en el juego de bandas transportadoras.

9. Antes realizar el siguiente paso, en el módulo han sido definidos los tiempos de reacción de los químicos de las tirillas, por ello, las tirillas son lentamente movilizadas por el juego de bandas transportadoras hasta cumplirse el tiempo máximo de reacción.
10. Luego se toma una imagen digital de la tirilla, la cual será enviada a la unidad de proceso de datos. Al momento de tomar la imagen los reactivos en la tirilla ya han reaccionado.
11. La tirilla es desechada por una abertura al costado del módulo.
12. Se continuará con la siguiente muestra de orina; en el caso de no existir, continua la movilización de la gradilla al siguiente módulo por la banda transportadora.

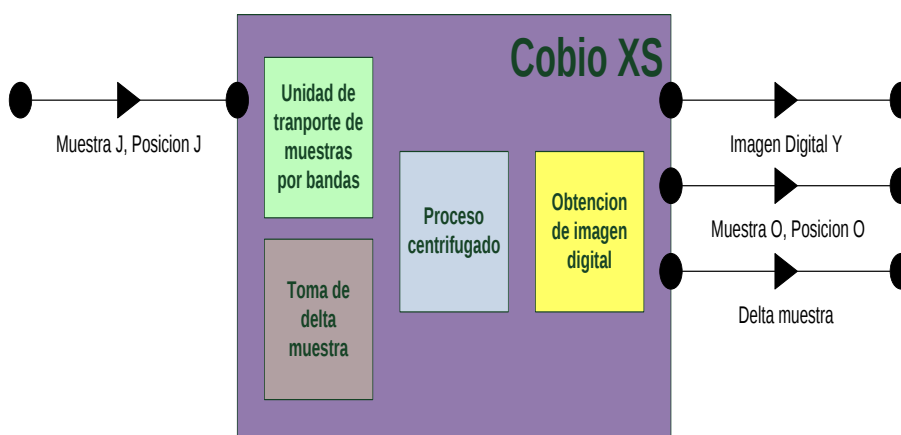
### **2.1.2 Módulo de análisis de sedimento urinario “Cobio XS”.**

La etapa posterior al análisis químico en la orina, es el análisis de sedimento. Para poder llevar a cabo esta tarea se necesita de unas cubetas especiales, al mismo tiempo que estén listas las muestras de orina en la banda transportadora.



**Figura 2.3. Cubeta de orina Urised.**

A continuación, se presenta el diagrama de bloques del analizador químico.



**Figura 2.3. Diagrama de bloques del módulo Cobio XS.**

El módulo Cobio XS necesita de tres entradas: las cubetas, la muestra de orina y agua destilada.

Las cubetas de prueba “Urised”, son las utilizadas por el módulo Cobio XS, estas han sido diseñadas para contener una pequeñísima muestra de orina, la cual posteriormente será ubicada en la centrífuga y luego al microscopio.

El proceso de toma del delta de la muestra de orina es realizado por una pipeta, integrada en el módulo. El delta de la muestra de orina es depositado en la cubeta Urised, para luego realizar el centrifugado y posteriormente la toma de las imágenes digitales.

Debido al hecho que la pipeta integrada al módulo Cobio XS entra en contacto con la muestra de orina, ésta necesita un proceso de asepsia, para impedir dos hechos: la cristalización del delta de orina en las paredes de la pipeta y la contaminación entre muestras de orina en la pipeta.

La intervención del operario dentro del proceso de análisis de sedimento en el módulo Cobio XS, es de cargar las cubetas en su respectivo contenedor, antes de iniciar el análisis.

Una vez realizada la participación del operario, el módulo Cobio XS está automatizado para los pasos siguientes, estos son:

1. Avanzare el portador de tubos de ensayo por la banda transportadora, luego ubicarlo en una posición establecida para realizar la prueba.
2. Con un brazo robótico mueve la pipeta, previamente esterilizada con el agua destilada, para tomar el delta de la

muestra de orina, posteriormente, el delta tomado lo deposita en unacubeta.

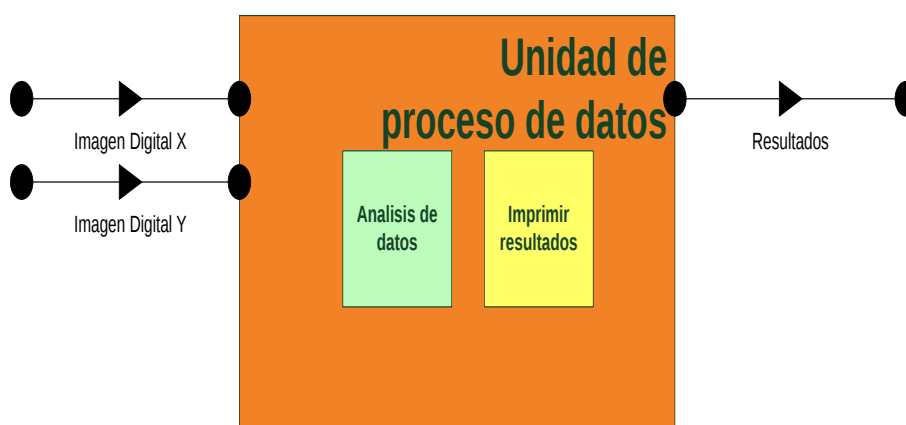
3. Una vez cargada lacubeta, pasa al proceso de centrifugado.
4. Posteriormente, lacubeta es ubicada bajo un microscopio incorporado en el módulo, para la toma de imágenes digitales, que serán enviadas a la unidad de proceso de datos.
5. Lacubeta con el delta de la muestra de orina es desechada por una abertura en el frente del módulo.
6. Se continuará con la siguiente muestra de orina; en el caso de no existir, continua la movilización del portador de tubos de ensayo a la posición final de la banda transportadora.

### **2.1.3 Unidad de proceso de datos.**

La etapa final, luego del análisis químico y de sedimento, es el procesamiento de los datos digitalizados por los módulos anteriores. Esto lo realiza el software cargado en la PC adjunta al módulo Cobio XS.

En esta etapa se obtienen los resultados patológicos, gracias a la información obtenida por los módulos CombiScan XL y Cobio XS. La unidad de proceso de datos a más de realizar el análisis de la información recabada por los módulos anteriormente

nombrados, es la base de datos de todo el sistema, la cual almacena toda la información obtenida por los módulos, y es desde aquí que se genera la impresión de los reportes patológicos, químicos y de sedimento. A continuación, se presenta el diagrama de bloques de la unidad de procesamiento.



**Figura 2.4. Diagrama de bloques de la unidad de proceso de datos.**

## **2.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL ÁREA DE LABORATORIO CLÍNICO DEL HOSPITAL NEUMOLÓGICO ALFREDO J. VALENZUELA.**

El área de laboratorio clínico antes de los trabajos de adecuación, previos a la instalación de la unidad de análisis de orina, contaba con diversos tipos de equipos para la realización de los análisis clínicos, computadoras y equipos de apoyo, y los equipos de climatización. Toda el área era alimentada desde el transformador general del hospital Valenzuela de servicio monofásico a 115/230Vac.

### **2.2.1 Consideraciones preliminares.**

Antes de instalar la unidad se realizó una revisión general de toda la instalación eléctrica del área; los tomacorrientes desde los que el equipo sería alimentado, los niveles de voltaje y la calidad del cable tierra.

### **2.2.2 Estado de los tomacorrientes.**

Algunos de los tomacorrientes eran muy antiguos y habían perdido su sujeción a los aparatos conectados a ellos, otros que habían sido añadidos posteriormente presentaban los típicos problemas de cableado, en el cual la línea y el neutro estaban invertidos, otros eran tomacorrientes no polarizados de dos patas, los cuales no son aptos para una instalación moderna, y otros aun siendo polarizados no habían sido conectados a tierra.

### **2.2.3 Tensión de alimentación.**

Durante la inspección física a los tomacorrientes se aprovechó también para realizar la medición del voltaje de alimentación en los mismos. Al poner las puntas de prueba del multímetro en las ranuras de los tomacorrientes, el instrumento marcaba 127Vac para monofásico, mientras que para las cargas bifásicas el voltaje era de 220Vac. Esta situación pasaba desapercibida

para los trabajadores del hospital, donde el voltaje de lunes a viernes cae hasta los 121Vac, pero los fines de semana se hace notorio el problema, esto motivó a realizar una revisión en la alimentación de energía del laboratorio clínico.

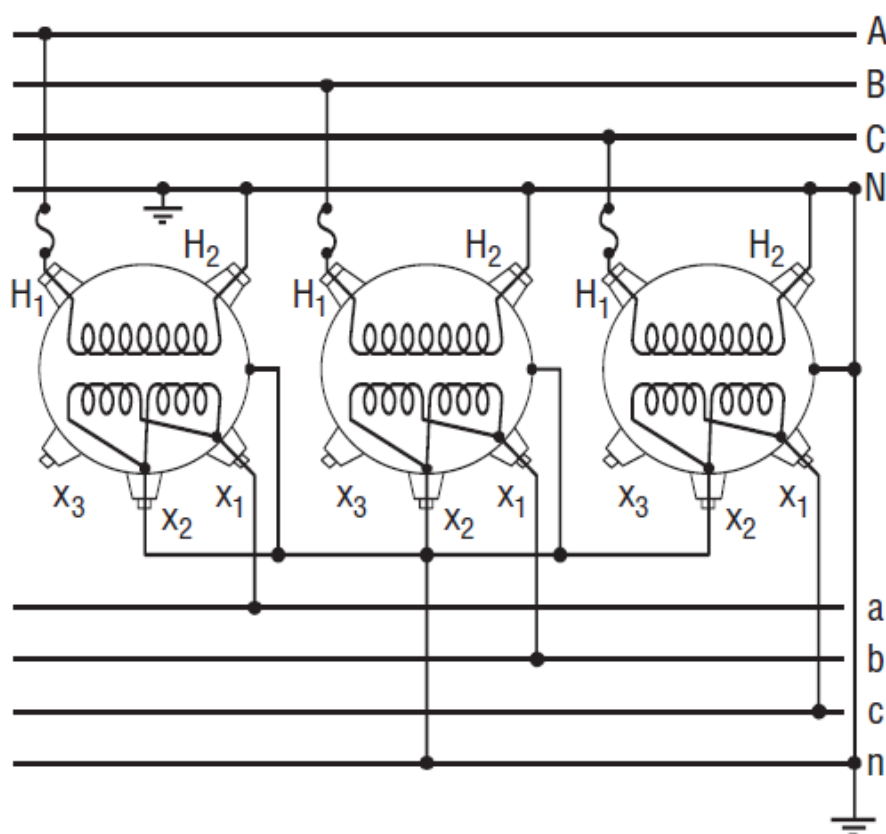
#### **2.2.4 Transformador distribución del área de laboratorio clínico.**

Debido a los problemas de voltaje se procedió a hacer una inspección del transformador de distribución del área. A continuación se muestra el banco de transformadores que alimentaba el área de laboratorio clínico.



**Figura 2.5. Transformador de alimentación del área de laboratorio clínico del hospital Valenzuela.**

Las líneas del panel de distribución del laboratorio clínico viajaban hasta el panel principal, donde se conectaba a un disyuntor de 50A 2 polos, y posteriormente a dos de las fases del banco de transformadores el cual consiste de tres transformadores monofásicos de distribución de 50KVA cada uno, radiales con relación de transformación de 13800/120Vac en conexión Y-Y.



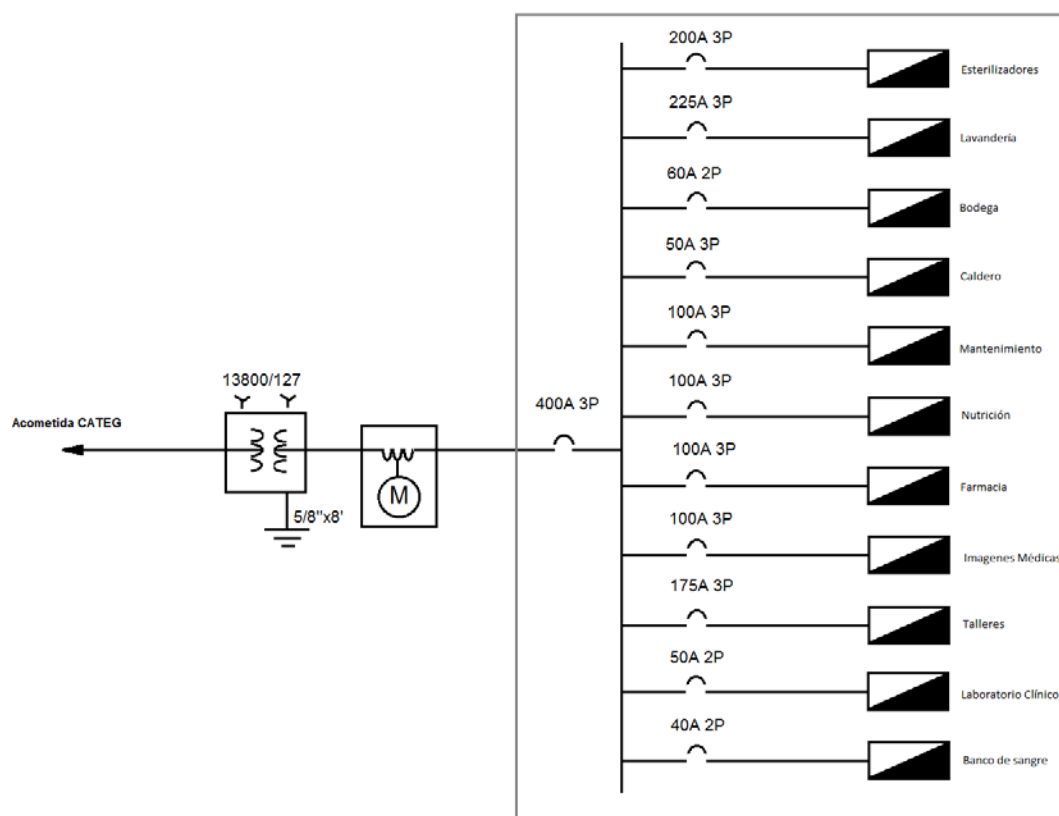
**Figura 2.6. Esquema de la conexión Y-Y del transformador de alimentación del área de laboratorio clínico del hospital Valenzuela.**

Siendo cada transformador de 50KVA y estando sus devanados conectados en paralelo, se aprovecha eficazmente la capacidad del mismo, no obstante, durante las mediciones de corriente se observó valores que la potencia entregada está muy próxima a la capacidad del banco (150KVA) esto debido al incremento en las cargas pertenecientes a las áreas que abastece el banco de transformadores a lo largo de las ultimas décadas.

El otro inconveniente observado fueron los valores de voltaje en la salida del transformador (127Vac monofásico), si bien los equipos pueden trabajar a esos niveles, sus especificaciones de placa no recomiendan tal voltaje (los equipos médicos son diseñados para funcionar a 115Vac con un cinco por ciento de error).

Finalmente, el incremento en la cantidad de equipos eléctricos en el área de laboratorio hacen predecir un incremento en la carga que representa el laboratorio clínico para el banco de transformadores, esto sumado a la ya excesiva carga en los devanados del secundario de cada transformador, pone en peligro la provisión de energía de las áreas que se conectan al mismo.

En la figura se puede observar las diversas cargas que alimenta este banco de trasformadores.



**Figura 2.7. Diagrama unifilar.**

### 2.2.5 Situación de las cargas.

De acuerdo a la información proporcionada por los trabajadores del laboratorio la instalación actual ha variado poco desde su fundación, más allá de unas pocas modificaciones en los tomacorrientes del área, pensada para una cubrir una demanda de 10KVA la cual hasta antes del 2000 era adecuada.

Después de revisar la instalación y los equipos existentes en el laboratorio, se observa de acuerdo al plano eléctrico del hospital, que la carga se ha incrementado a lo largo del tiempo como se había supuesto antes del inicio del análisis. Una situación común en todo el hospital.

### **2.3 CONSIDERACIONES ADICIONALES (CLIMATIZACIÓN Y AGUA DESTILADA).**

Todo componente eléctrico y electrónico tiene un comportamiento lineal y no lineal, éste es definido, en base a la temperatura que son sometidos directa o indirectamente. De manera que, existe un rango o una frontera para el comportamiento lineal, y cada componente tiene definida una temperatura máxima para dicho comportamiento.

Para mantener el funcionamiento adecuado de la unidad de análisis de orina, impedir que algún componente o módulo se averíe temporal o permanentemente, se ha establecido la temperatura de operación a la media del rango sugerido por el fabricante.

Dentro de los procesos realizados por la unidad de análisis de orina consta la toma de micro-muestras de orina; ésta es realizada por la pipeta y ubicada en la cubeta de manera exacta, con 0.2 ml de orina. La orina posee cristales, los cuales por principio se solidifican bajo algunas circunstancias, entre las cuales citamos, ausencia de hidrato,

aumento de temperatura. Es por ello que la pipeta, la cual toma las muestras de orina que serán depositadas en las cubetas, necesita estar inmersa en un proceso de limpieza para impedir que los cristales se solidifiquen en sus paredes. Para la limpieza de las paredes de la pipeta se utilizará agua bi-destilada principalmente por su pureza, a nivel químico y bacteriano.

## **CAPÍTULO 3**

### **DESARROLLO DE ACTIVIDADES.**

#### **3.1 CÁLCULO DE CARGA, DIMENSIONAMIENTO DE TRANSFORMADOR Y PROTECCIONES ELÉCTRICAS.**

##### **3.1.1 Potencia demandada y protecciones individuales.**

A continuación se procede a explicar el cálculo de carga. El primer paso fue hacer un listado de todos los equipos del laboratorio para luego hacer el cálculo de la cantidad de consumo proyectado para el área.

Como puede verse en la tabla se ha tomado “1” como factor de demanda para todos los equipos dentro del laboratorio, esto se debe a que las unidades del laboratorio trabajan en un régimen prácticamente continuo ya sean equipos de análisis clínico,

como los equipos de apoyo restantes (acondicionadores de aire, refrigeradoras, purificadores, etc.).

Aprovechando los disyuntores existentes y más la adquisición de otros se procedió a realizar una redistribución de las cargas acorde a las necesidades actuales del área.

A los equipos de mayor consumo de potencia que presentan sobre-corrientes en el arranque se les asignó un disyuntor individual.

La iluminación general de toda el área ha sido asignada a un único disyuntor de 20A.

El analizador automático de orina y sus equipos auxiliares fueron asignados a un disyuntor de 20A.

Los dos equipos de climatización de 24000btu han sido asignados a un disyuntor de 30A dos polos.

A cada refrigeradora le ha sido asignado un disyuntor propio a fin de protegerlas en caso de fallos de voltaje en el área con disyuntores de 20A cada una; el amperaje de los disyuntores es también con la finalidad de evitar el disparo no deseado de los disyuntores durante el arranque del motor del compresor.

Uno de los analizadores bioquímicos de sangre del área es un robusto equipo que consume 16A a 120Vac, a éste se le asigna un disyuntor de 20A.

Un sector del laboratorio presenta un mesón con tres tomacorrientes el cual no está destinado aun a equipo de laboratorio alguno, sino más bien está temporalmente inactivo a la espera de futuras modernizaciones de instrumental a este sector del laboratorio se le asignó un disyuntor de 15A.

El conjunto de centrifugas les fue asignado un único disyuntor de 20A viendo el hecho de que no encienden simultáneamente y a su bajo consumo en relación a equipos mas grandes.

El área cuenta con un esterilizador cuyo consumo es de 1200W monofásico; a este se le asignó un disyuntor de 15A.

A excepción del disyuntor de los equipos de climatización que es de dos polos los restantes son de un polo.

Todos los disyuntores a utilizarse son de marca "General Electric" tipo THQL magneto-térmicos y los conductores son calibre 12AWG con revestimiento THW para todos los equipos a excepción de los acondicionadores de aire (calibre 10AWG y revestimiento THW).



**Figura3.1. Panel de disyuntores del laboratorio del hospital Valenzuela.**

En los anexos se encuentran los detalles del cálculo de cargas y la descripción del balanceo de las cargas.

### **3.1.1 Selección del transformador**

El cálculo de carga muestra que el laboratorio clínico del hospital Valenzuela representa un consumo de potencia proyectado de aproximadamente 15KW con una corriente de 65A tal y como se muestra en la tabla.

Por lo tanto se procedió a la selección de un transformador monofásico de 25KVA pad-mounted pensando en un posterior incremento de las cargas del área o una posible expansión del laboratorio en años venideros. La razón de no haber usado un

transformador radial fueron las condiciones poco favorables para la instalación del mismo ya sea la necesidad de un poste o la adecuación de un cuarto para el transformador.



**Figura3.2. Transformador adquirido para el laboratorio.**

A pesar del costo del transformador que casi alcanzo los 3100 dólares, se justificó su adquisición considerando el elevado costo del instrumental del laboratorio el cual asciende a mas de 100000 dólares el cual requiere una distribución de energía apropiada para ambientes como el laboratorio clínico.

Las principales ventajas del nuevo transformador son:

1. Inmunidad a los armónicos generados por las máquinas conectadas a las fases de anterior transformador

trifásico con lo cual se garantiza la vida útil de los instrumentales.

2. Proveer toda el área de niveles de voltaje apropiados gracias ala realización de ajuste del tap en el primario del transformador hasta obtener el valor deseado de 115V +/-5%.

### **3.1.2 Conductores y disyuntores en la acometida.**

Los conductores de salida del panel de distribución hacia el transformador son dimensionados tal y como lo especifica el código eléctrico estadounidense (NEC), en los anexos se encuentran las tablas utilizadas para este procedimiento.

Como la corriente de estimada es de aproximadamente 65A, ésta es multiplicada por un factor de 1.25 a fin de evitar el salto del disyuntor a plena carga, lo cual da como resultado 82A, se procede a hacer la selección del valor comercial para el disyuntor el cual debe ser el inmediato superior al valor de la corriente calculada. Esto lleva a la selección de un disyuntor de 100A 2Polos como disyuntor principal de la instalación.

Los cables para las fases del transformador son seleccionados a partir del amperaje del disyuntor dado que éste es de 100A se seleccionarán cables de calibre numero 2 AWG con

revestimiento THW capaz de soportar la corriente calculada para el disyuntor.

El cable neutro es seleccionado un calibre inferior de acuerdo al calibre de los conductores de fase en este caso el conductor de fase es calibre 2AWG el inmediato inferior es el numero 4AWG, así mismo con revestimiento THW.

El conductor a ser conectado al cable de tierra se dimensiona así mismo de acuerdo al calibre del conductor de fase mediante una tabla (refiérase a los anexos), en la tabla dicta que cuando el calibre es inferior a 2/0AWG el calibre del conductor de tierra deberá ser 8AWG con revestimiento THW.

El elemento de protección de caso de corrientes de falla y aterrizaje de carcasas de los equipos es una varilla copperweld de 5/8 de pulgada y 8 pies de largo enterrada.

Finalmente se hizo el pedido a la empresa eléctrica de un medidor clase 200 para la facturación particular del área de laboratorio del Hospital Valenzuela con lo que se finalizan los trabajos de adecuación eléctrica mencionados.

### **3.2 ADECUACIONES ADICIONALES (ADECUACIONES FÍSICAS, UPS'S, CLIMATIZACIÓN Y SUMINISTRO DE AGUA DESTILADA).**

#### **3.2.1 Adecuaciones físicas**

Al momento de comenzar la inspección al laboratorio clínico, se pudo apreciar que la instalación física no era la adecuada para mantener en funcionamiento a la unidad. La unidad de análisis de orina tiene un peso en total de 160 kg y sus longitudes son: 0.60 m de alto, 0.50 m de profundidad y 2.40 m de ancho, debido a esto, fue necesaria la adaptación de los mesones del laboratorio para que soporte el peso, y se pueda ubicar firmemente sin riesgo latente a caerse.

La adaptación aplicada tuvo en consideración, a más de, el peso y las dimensiones, en la ventilación posterior en la parte posterior y la distancia adecuada desde los receptáculos a los conectores del equipo.

Las dimensiones aplicadas a los mesones son de: 0.80 m de altura, 0.08 m de grosor, 3.60 m de largo y 0.60 m de profundidad.

### 3.2.2 Climatización (Calculo de BTUs)

El cálculo de BTU del laboratorio se hizo tomando en cuenta las dimensiones del mismo, siendo estas 8 metros de largo, 5 de ancho por 3.5 de altura; entonces el volumen total es de 137 metros cúbicos. Considerando 350 BTU por cada metro cubico, da como resultado 24000, necesarios para enfriar el laboratorio apropiadamente.



**Figura 3.3. Adaptaciones a mesones.**

### 3.2.3 Selección de UPS's

La unidad de análisis de orina tiene un consumo total máximo de potencia eléctrica de 700W.

Debido al hecho que, la unidad de análisis de orina es un sistema de control automático, ésta pasa de una etapa a otra y

a otra consecutivamente hasta que llega a un estado final y regresa al inicial, se han seleccionado UPS's con abastecimiento eléctrico de 20 minutos para una carga que consume continuamente 700 vatios.

Tomando en consideración los períodos transitorios, los cuales todo equipo los tiene, se debería seleccionar unidades de respaldo eléctrico de 1400 W, pero por buenas prácticas eléctricas se escoge uno de mayor capacidad de 2100 W, siendo este el triple de la potencia máxima consumida, pero al no encontrarla comercialmente, se seleccionó de 2200 W.

#### **3.2.4 Suministro de agua bi-destilada.**

Para el proceso de limpieza que realiza el módulo Cobio XS a la pipeta utilizamos agua bi-destilada; su uso se debe a la pureza que ésta presenta, al estar limpia químicamente y biológicamente.

Para conseguir ello fue necesaria la instalación de una unidad de destilado, la cual se presenta a continuación:



**Figura 3.4. Destilador de agua.**

### **3.3 INSTALACIÓN Y CALIBRACIÓN DE LA UNIDAD DE ANÁLISIS AUTOMÁTICO DE ORINA.**

#### **3.3.1 Instalación de la unidad de análisis de orina.**

El proceso de instalación de la unidad de análisis de orina requirió de algunos procesos, procesos como: la comprobación del funcionamiento de los dispositivos pertenecientes a los módulos CombiScan XL y Cobio XS, la interconexión de los módulos y la unidad de proceso de datos a través de diversas interfaces y la instalación de los botellones contenedores del agua destilada y por último, la capacitación provista al personal de laboratorio clínico.

La comprobación del funcionamiento de dispositivos fue realizada de manera rigurosa, teniendo como objetivo la determinación de la calidad de dichos dispositivos, tras haber

tenido una larga travesía desde Hungría. Los dispositivos comprobados fueron: centrifuga, microscopio y sensores.

La centrifuga por los datos proporcionados del fabricante tiene una velocidad angular de 2000 RPM por 10 segundos. Esto fue comprobado utilizando un tacómetro digital, marca Extech, el cual registró una velocidad angular de 1998 RPM, siendo este un registro con un porcentaje de error menor al 1%.



**Figura 3.5. Tacómetro digital marca Extech.**

De la misma forma, se comprobó la correcta alineación del microscopio, entre la fuente de luz y el objetivo, de manera que se pueda aprovechar la mayor intensidad de la luz emitida por la fuente, se llegó a la posición correcta al obtener el registro de mayor transmitancia.

Todos los sensores ópticos fueron verificados en la instalación de la unidad de análisis de orina, el proceso se lo realizó comprobando vía software el cambio en el estado de estos, tras pasar un objeto frente a ellos.

El módulo analizador químico, CombiScan XL, obtiene imágenes de las tirillas CombiScreen aplicadas a las muestras de orina, éstas imágenes son enviadas a la unidad de procesamiento de datos. De la misma forma, el módulo de análisis de sedimento, Cobio XS, obtiene imágenes de la micro-muestra de orina una vez aplicado el proceso de centrifugado, para el correspondiente análisis patológico. Estas imágenes son enviadas a la unidad de procesamiento de datos.

Las imágenes obtenidas por los módulos, tanto el CombiScan XL y el Cobio XS, se concentran en el módulo Cobio XS para enviarlas a la unidad de procesamiento de datos vía interfaz USB.

Otro aspecto importante en la instalación de unidad de análisis de orina, son los botellones contenedores del agua destilada y del agua ya usada en el proceso de limpieza de la pipeta.



**Figura 3.6. Botellones de agua destilada.**

El último aspecto de los considerados en la instalación, es la capacitación brindada hacía los operarios de la unidad de análisis de orina. Esta capacitación se fundamenta en tres aspectos, el correcto uso de la unidad por parte de los operarios, la aplicación de tareas de mantenimiento básicas a la unidad, el aminoramiento del mantenimiento correctivo.

El pensum correspondiente a la capacitación brindada se muestra a continuación:

- Conexión eléctrica entre la unidad de análisis de orina y el UPS.
- Encendido de la unidad de la unidad de análisis de orina.



**Figura 3.7. Llevando a cabo la capacitación a operarios.**

- Carga de tirillas CombiScreen en su respectivo compartimiento.
- Carga de tubos de ensayo en gradilla.
- Carga de gradilla en banda transportadora.
- Carga de cubetas Urised en sus respectivos contenedores.
- Conexión de contenedores de agua destilada con la unidad de análisis de orina.
- Configuración de parámetros vía software en módulo CombiScan XL.



**Figura 3.8. Software CombiScan XL.**

- Inicialización del software en la unidad de proceso de datos.
- Comprobación de interconexión entre módulos de la unidad.
- Iniciar el proceso de análisis.
- Manejo del software en la unidad de proceso de datos, donde se encuentra la base de datos de todos los análisis realizados por la unidad.

UriSed - Automatic Urine Sediment Analyzer 1.8.2

**SAMPLE LIST: 23 samples**

| Date&Time             | ID     | Name    | Sed | Chem | Eval  | US |
|-----------------------|--------|---------|-----|------|-------|----|
| 5/12/2009 9:49:00 AM  | 30061  | -       | N/A | +    | 00/00 | No |
| 5/12/2009 9:52:00 AM  | 30066  | -       | N/A | +    | 00/00 | No |
| 5/12/2009 9:52:00 AM  | 10507  | -       | N/A | +    | 00/00 | No |
| 1/13/2011 3:32:37 PM  | 30062  | -       | +   | +    | 05/05 | No |
| 1/13/2011 3:32:56 PM  | 30223  | -       | +   | +    | 05/05 | No |
| 1/18/2011 3:24:23 PM  | 28801  | QC_LOW  | ✓   | N/A  | 05/05 | No |
| 1/18/2011 3:24:30 PM  | 28803  | QC_HIGH | ✓   | N/A  | 05/05 | No |
| 1/18/2011 3:26:42 PM  | 28940  | QC_LOW  | ✓   | N/A  | 05/05 | No |
| 1/18/2011 3:26:48 PM  | 28942  | QC_HIGH | ✓   | N/A  | 05/05 | No |
| 1/19/2011 10:59:30 AM | 00201  | -       | +   | N/A  | 05/05 | No |
| 1/20/2011 1:41:49 PM  | 00201  | -       | +   | N/A  | 00/10 | No |
| 1/20/2011 1:45:09 PM  | 30018  | -       | +   | N/A  | 00/05 | No |
| 1/20/2011 2:48:41 PM  | 30011  | -       | +   | N/A  | 00/05 | No |
| 1/20/2011 2:56:32 PM  | 30011  | -       | +   | N/A  | 00/05 | No |
| 3/25/2011 1:17:50 PM  | 9231   | -       | N/A | +    | 00/00 | No |
| 4/4/2011 12:35:46 PM  | 30011  | QC_LOW  | ✗   | N/A  | 05/05 | No |
| 4/4/2011 12:36:30 PM  | 30018  | QC_HIGH | ✓   | N/A  | 05/05 | No |
| 4/4/2011 4:21:21 PM   | 30011  | -       | N/A | +    | 00/00 | No |
| 4/4/2011 4:21:39 PM   | 30011  | -       | +   | +    | 05/05 | No |
| 4/4/2011 4:39:22 PM   | 30011  | -       | +   | N/A  | 05/05 | No |
| 4/6/2011 12:24:15 PM  | 8036   | -       | +   | N/A  | 05/05 | No |
| 4/6/2011 12:28:35 PM  | 8295-1 | -       | +   | N/A  | 05/05 | No |
| 4/7/2011 10:01:47 AM  | 00101  | -       | +   | N/A  | 05/05 | No |

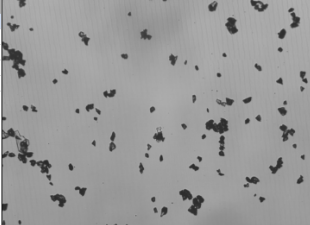
**SELECTED SAMPLE:**

DATE : 4/4/2011 4:21:39 PM  
 ID : 30011  
 NAME : -  
 COMMENT : -  
 DILUTION : 1.0

| Particle | Category | p/HPF | N°    | Ref. (p/HPF) | PAD | SI        | Conv.     | Alb.  |
|----------|----------|-------|-------|--------------|-----|-----------|-----------|-------|
| RBC      | -        | 0.00  | 0.00  | 0 .. 1.14    | BDL | 17 µmol/l | 1 mg/dl   | +     |
| WBC      | -        | 0.00  | 0.00  | 0 .. 2.05    | UBG | 35 µmol/l | 2 mg/dl   | +     |
| CRY      | ++++     | 53.70 | 35.80 | 0 .. 1.36    | KET | neg       | neg       | neg   |
| CRY      | ++++     | 53.70 | 35.80 | 0 .. 1.36    | ASC | 0.2 g/l   | 20 mg/dl  | +     |
| .CaOxm   | -        | 0.00  | 0.00  | 0 .. 1.36    | GLU | norm      | norm      | norm  |
| .CaOxd   | -        | 0.00  | 0.00  | 0 .. 1.36    | PRO | 1 g/l     | 100 mg/dl | ++    |
| HYA      | -        | 0.00  | 0.00  | 0 .. 0.45    | BLD | neg       | neg       | neg   |
| PAT      | -        | 0.00  | 0.00  | 0 .. 0.34    | PH  | 6         | 6         | 6     |
| NEC      | -        | 0.00  | 0.00  | 0 .. 0.45    | NIT | pos       | pos       | +     |
| EPI      | -        | 0.00  | 0.00  | 0 .. 1.14    | LEU | 25 Leu/pl | 25 Leu/pl | +     |
| YEA      | -        | 0.00  | 0.00  | 0 .. 0.68    | SG. | 1.010     | 1.010     | 1.010 |
| BAC      | -        | 12.90 | 8.60  | 0 .. 17.05   |     |           |           |       |
| MUC      | -        | 34.20 | 22.80 | 0 .. 60      |     |           |           |       |

**IMAGE LIST: 5 images**

| Image | Crowded | Checked | Modified | Valid | Error |
|-------|---------|---------|----------|-------|-------|
| 1     | No      | No      | No       | ✓     | 0     |
| 2     | No      | No      | No       | ✓     | 0     |
| 3     | No      | No      | No       | ✓     | 0     |
| 4     | No      | No      | No       | ✓     | 0     |
| 5     | No      | No      | No       | ✓     | 0     |



**SELECT ALL** **DELETE** **MODIFY** **FILTER OFF** **GALLERY** **FULL EVAL** **COMMENT** **WORKLIST** **OUTPUTS** **LIST** **VALIDATE** **EXIT**

Online LabUMat online Administrator Particle classes: 12 Recognition threads: waiting 0 Waste bin: 5 4/8/2011 9:30:17 AM

Figura 3.9. Software de unidad de proceso de datos.

- Resolución de problemas.

### 3.3.2 Calibraciones

La unidad de análisis de orina está provista con 80 sensores, éstos en forma continua se encuentran adquiriendo datos, los cuales son presentados vía software al operador de turno. Gracias a la información provista por los sensores, podemos conocer acerca del estado de cada etapa dentro de los módulos de la unidad de análisis

de orina, y por ende, realizar las calibraciones del caso por vía software, la mayoría de éstas.

#### **3.3.2.1 CombiScan XL**

Las calibraciones a realizar al módulo CombiScan XL son a las siguientes etapas:

**Alimentador de tirillas.-**En esta etapa las tirillas son ubicadas en la banda transportadora, éstas en la etapa posterior serán clasificadas para su correcta ubicación.

**Clasificador de tirillas.-** Después de abandonar la tira entrante antes de la primera fibra óptica por encima de la cinta transportadora, se da lugar al proceso de clasificación de las tirillas, el cual determina si las tiras han sido correctamente ubicadas sobre la cinta transportadora, esto implica si están correctamente espaciadas entre ellas.

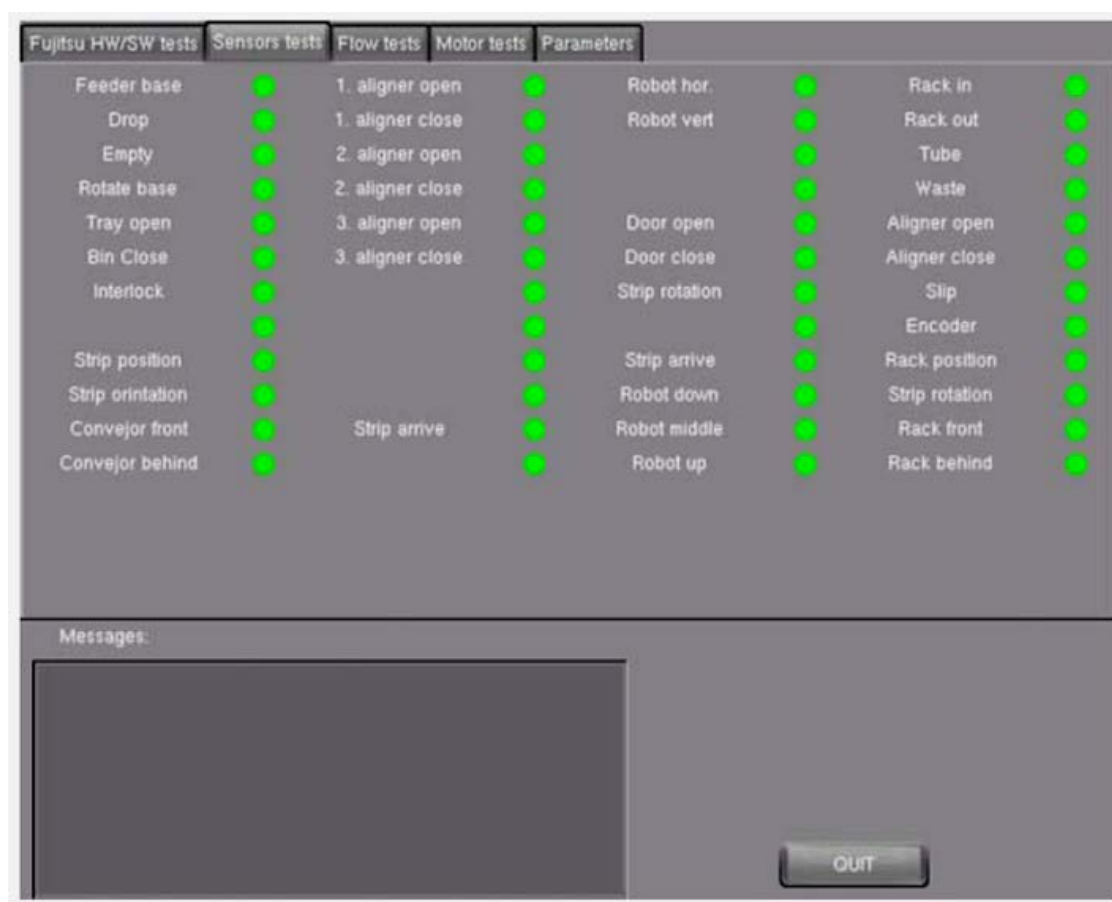
**Brazo robótico.-** Luego de haber pasado la tirilla por la 3era fibra óptica, la tirilla se encuentra lista para ser tomada por el brazo robótico y entrar en

contacto con la muestra de orina para el proceso químico.

**Transportador de gradilla.-** Tras haberse cumplido el proceso químico con las tirillas, la banda transportadora continúa su recorrido con la gradilla hacia el módulo Cobio XS.

Gracias al software que acompaña al módulo CombiScan XL tenemos una amplia información acerca del estado de las etapas de éste. De manera que, podremos realizar las correcciones del caso dada la información provista.

A continuación se presenta la interfaz gráfica, la cual contiene la información de todos los sensores que posee el módulo CombiScan XL, los cuales son 39, y se encuentran de forma continua encendidos.



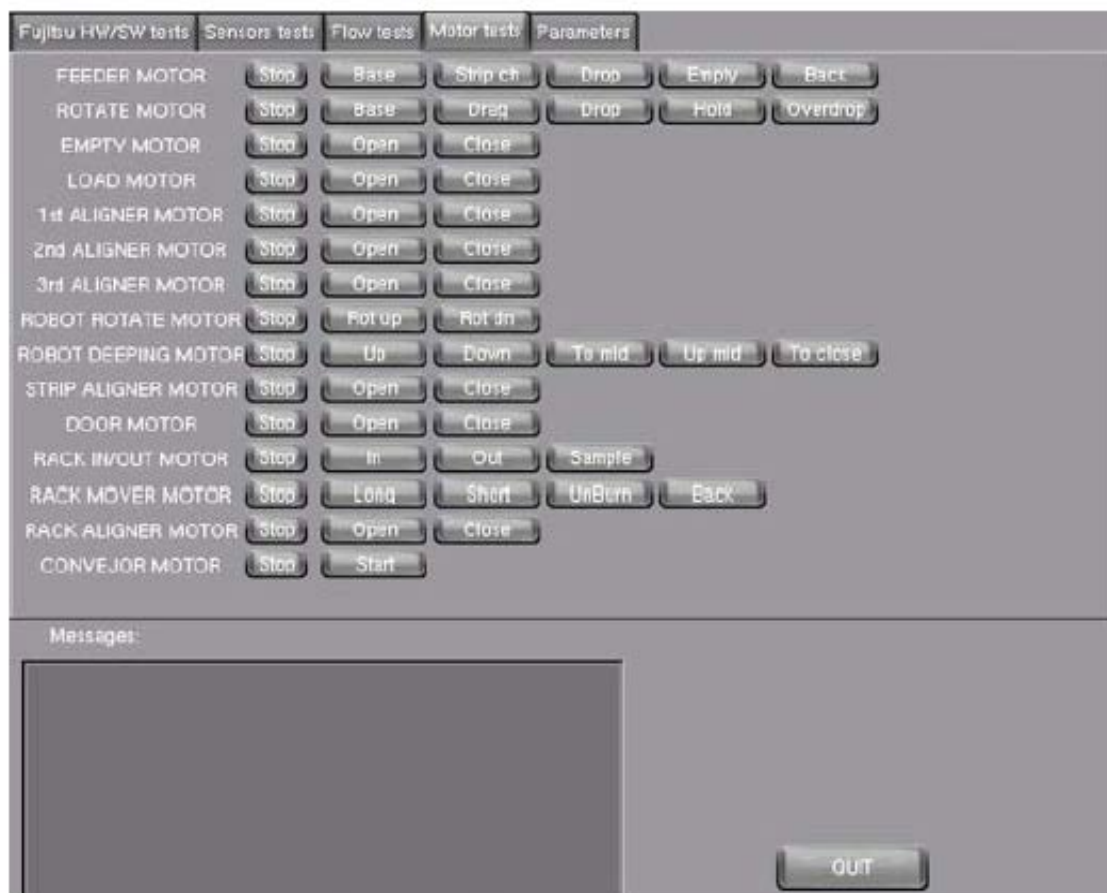
**Figura 3.10. Estado de sensores en CombiScan XL.**

Así mismo, podemos realizar pruebas de tareas completas dentro del módulo CombiScan XL, tareas como: Avanzar la banda transportadora, ubicar la gradilla contenedora de los tubos de ensayo en la zona de análisis, etc. Con esto conoceremos de la existencia de algún problema y actuar a la posterior corrección.



**Figura 3.11. Tareas de mantenimiento disponibles en CombiScan.**

Igualmente, podemos probar el movimiento de los motores que se encuentran en el módulo CombiScan XL, los cuales son 15. Si algún motor presenta una falla, en la sección “Mensajes” nos mostrará información acerca de éste, después de realizada la prueba correspondiente.



**Figura 3.12. Pruebas a motores del módulo CombiScan XL.**

Las calibraciones a realizarse en el módulo CombiScan XL son vía software. El procedimiento incurre en, tras la verificación del estado del sensor o sensores de alguna etapa, realizar la tarea de mantenimiento y estado, para posteriormente corregir los parámetros vía software. A continuación se muestra la ventana que corresponde a los parámetros de trabajo del alimentador y clasificador de tirillas, al

brazo robótico y a la banda transportadora de la gradilla.

The screenshot shows the 'Parameters' tab of the CombiScan XL software. The parameters are organized into columns and rows, each with a numeric input field and a small up/down arrow icon. The parameters include:

- Attempt number: 0
- Aligning time: 0
- Start delay: 0
- Blankstep length: 0
- Aligner distance: 0
- Deeping time: 0
- Slipping length: 0
- Opening time: 0
- Fly delay: 0
- Pushout corrector: 0
- First timeout: 0
- Strip width: 0
- Strip width: 0
- 1st tube corrector: 0
- Correction delay: 0
- Tube stop corr.: 0
- Strip exp. time: 0
- Dropping time: 0
- Aligner delay: 0

Below the parameters are two buttons: 'Read parameters' and 'Write parameters'. At the bottom, there is a 'Messages:' section with a large empty box and an 'OUT' button.

**Figura 3.13. Parametros del módulo CombiScan XL.**

### **3.3.2.2 Cobio XS**

Las calibraciones a realizar al módulo Cobio XS son a las siguientes etapas:

**Alimentador de cubetas.**-Las cubetas son ubicadas una sobre otra en un alimentador, el proceso

de alimentación se desarrolla en mantener lista la primera cubeta de la cola, y posteriormente ir bajando de nivel a las cubetas que se encuentran en el alimentador.

**Brazo robótico.-**Transporta la cubeta lista de la cola del alimentador a la posición de carga de micro-muestra de orina tomada por la pipeta. Posteriormente, el brazo robótico llevará la cubeta, que en su interior contiene la micro muestra de orina, a la centrifuga.

**Centrifuga.-** Tras la carga de la cubeta con la micro muestra de orina, el proceso de centrifugado se iniciará. Éste durará 10 segundos, haciendo rotar a la cubeta a 2000 RPM.

**Microscopio.-** Luego del proceso de centrifugado, la cubeta es posicionada en el microscopio, su imagen será magnificada 400 veces para el posterior análisis de sedimentos.

**Lavado de pipeta.-** Existiendo agua destilada y posterior a la toma de la micro-muestra de orina, se

procede a lavar la pipeta para impedir la cristalización y la contaminación entre muestras.

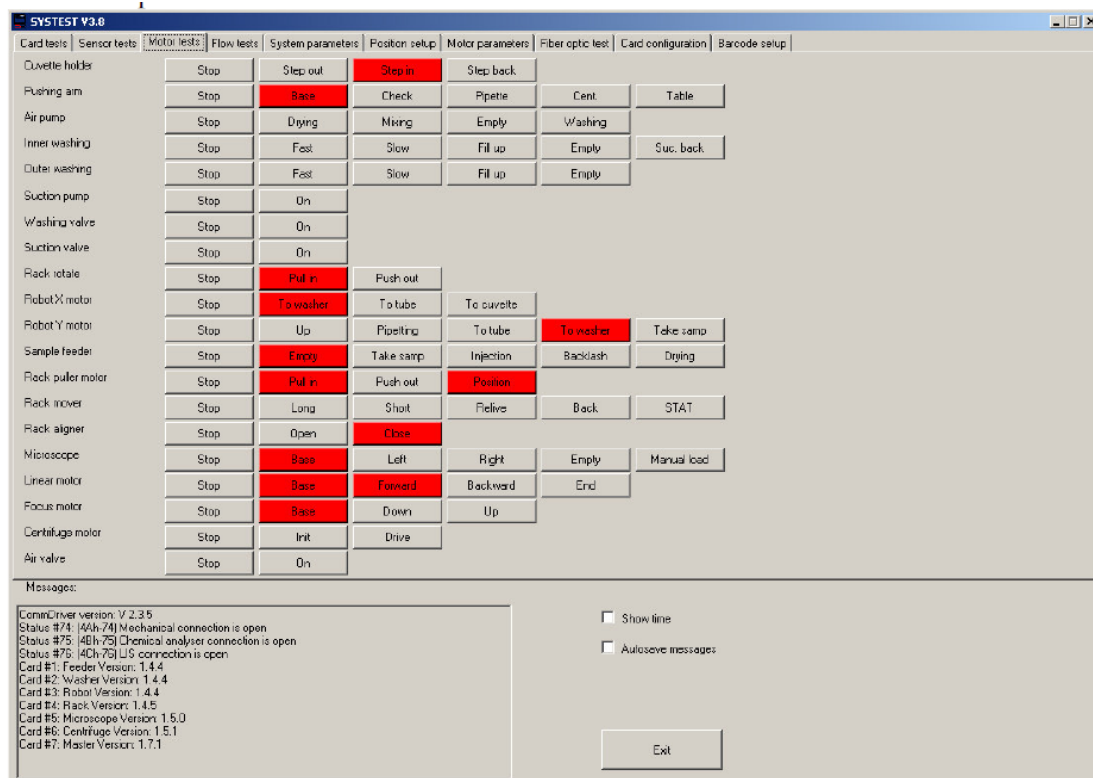
El módulo Cobio XS posee 51 sensores, 20 motores y 16 pruebas de mantenimiento para conocer el estado de las etapas que lo componen. El software incorporado en este modulo brinda al operador o técnico la información recabada por los sensores, el resultado de las pruebas a los motores y de las pruebas de mantenimiento.

A continuación se presenta la interfaz gráfica del módulo Cobio XS con la información de sus sensores.



**Figura 3.14. Estado de sensores en Cobio XS.**

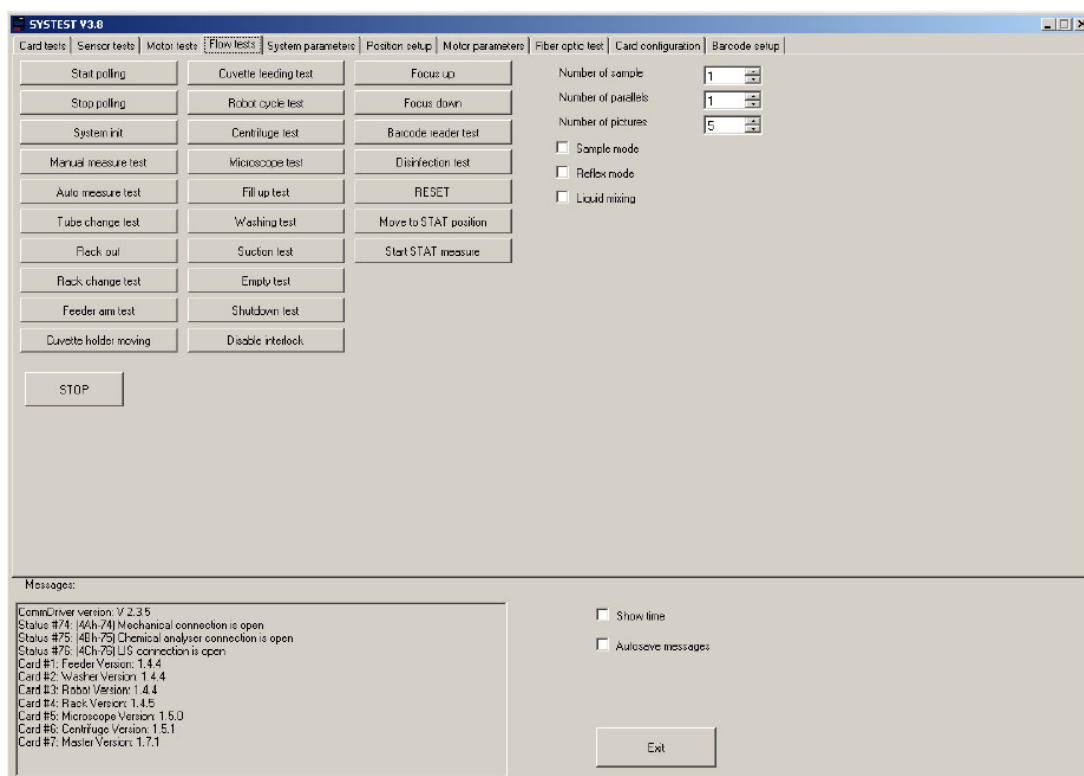
También, el software integrado en el módulo Cobio XS nos permite realizar pruebas a cada uno de los motores que lo integran. Con esto podemos comprobar que la gama de movimientos que cada motor debe realizar, las ejecuta.



**Figura 3.15. Pruebas a motores enCobio XS.**

De la misma forma, como en el módulo CombiScan XL se realizan tareas de mantenimiento, en el módulo Cobio XS también podemos realizar lo mismo, tareas de mantenimiento que nos permitirán verificar el correcto funcionamiento de las etapas que lo componen. Un ejemplo de ello, es la prueba a la etapa de centrifugado; por información del fabricante sabemos que gira a 2000 RPM, en la tarea de mantenimiento a esta etapa comprobamos dicha

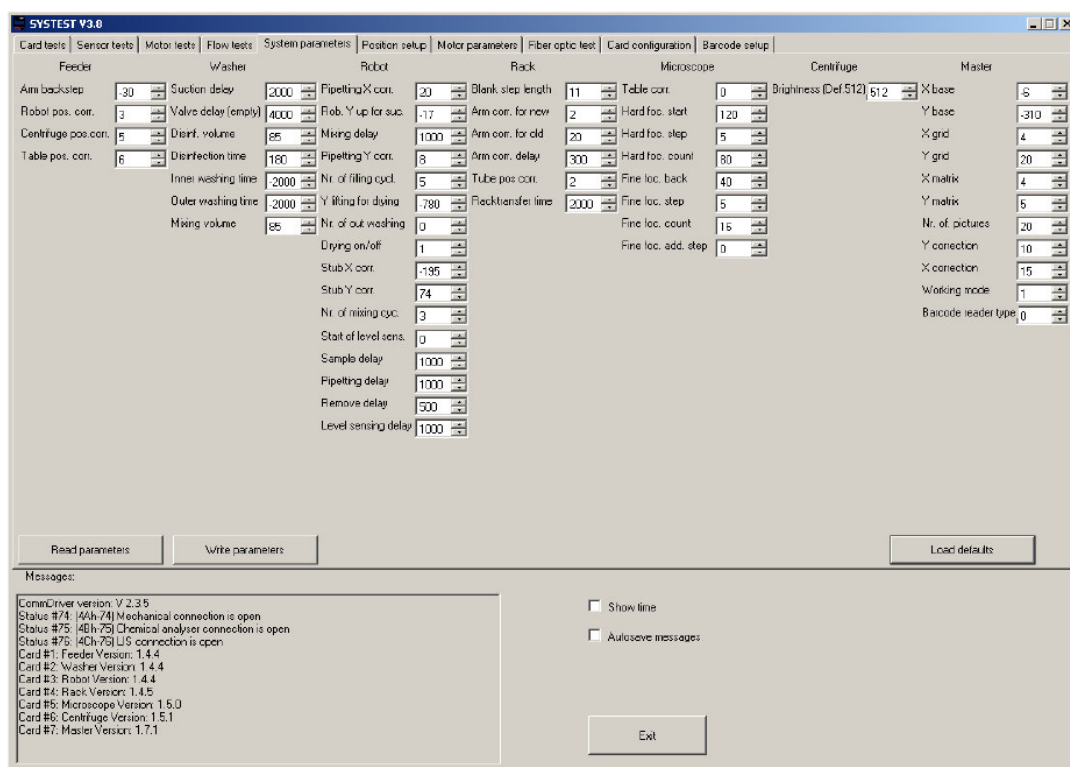
información tras terminar la prueba, y su respectivo mensaje de estado nos indicará si el módulo debe reemplazarse.



**Figura 3.16. Tareas de mantenimiento disponible en Cobio XS.**

Dentro del software integrado al módulo Cobio XS se encuentra la opción de calibración a diversos procesos, como: Alimentador de gradilla, proceso de lavado de pipeta, parámetros del brazo robótico, microscopio y centrifuga. De manera que, al realizar una calibración, realizamos la corrección vía software

y verificamos el estado del sensor o sensores con la información de dicha etapa.



**Figura 3.17. Parámetros de módulo Cobio XS.**

## **CAPÍTULO 4**

### **RESULTADOS.**

Una vez realizado el estudio técnico, las adecuaciones respectivas a las instalaciones del laboratorio clínico del Hospital Neumológico Alfredo J. Valenzuela, para el correcto funcionamiento de la unidad de análisis de orina, se procede a documentar dichos logros.

#### **4.1 TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.**

Finalizado el cálculo de cargas se instalo el transformador pad-mounted en el área lateral derecho edificio. A continuación se presenta la foto del equipo instalado.



**Figura 4.1. Transformador de distribución eléctrica.**

## **4.2 SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN.**

Luego del cálculo de los BTU's necesarios para el área de se procedió a la compra e instalación de dos unidades de climatización marca RUUD de 24000 BTU cada una. A continuación se presentan los dos equipos instalados funcionando en el laboratorio.



**Figura 4.2. Unidades de climatización.**

### 4.3 UNIDAD DE ANÁLISIS DE ORINA EN SU LUGAR DE TRABAJO.

La unidad de análisis de orina, la cual consta de: módulo CombiScan XL, módulo Cobio XS (incluye Unidad de proceso de datos), se presenta a continuación sobre su mesa de trabajo, en el área de laboratorio clínico.



**Figura 4.3. Módulos CombiScan XL y Cobio XS en su lugar de trabajo. (3x.6x.5)**

Como podemos apreciar, a más de los módulos CombiScan XL y Cobio XS, también consta el contenedor de agua destilada, para el lavado de la pipeta, y el contenedor de agua ya usada en el lavado.

En la Figura 4.2 podemos ver la Unidad de proceso de datos, el computador, donde se realizan los análisis de las imágenes digitales

obtenidas por cada módulo, para finalmente presentar un informe patológico.



**Figura 4.4. Unidad de análisis de orina en su lugar de trabajo.**

#### **4.4 COMBISCAN XL.**

A continuación, se presenta la imagen del módulo CombiScan XL.



**Figura 4.5. Módulo CombiScan XL.**

El módulo de análisis químico sobre el mesón adecuado para sus dimensiones y peso, podemos observar la pantalla táctil integrada, como la banda transportadora de gradilla(s).

#### **4.5 COBIO XS.**

A continuación, se presenta la imagen del módulo Cobio XS.



**Figura 4.6.Módulo Cobio XS.**

El módulo de análisis de sedimento y la unidad de análisis patológico en su mesa de trabajo, adecuada para sus dimensiones y pesos, ya encontrándose interconectadas.

Una vez realizado el estudio técnico, las adecuaciones respectivas a las instalaciones del laboratorio clínico del Hospital Neumológico Alfredo J. Valenzuela, para el correcto funcionamiento de la unidad de análisis de orina,

se procede a utilizar la unidad, dándonos como resultado de la prueba a una muestra de orina el informe a continuación:

**URINE ANALYZIS REPORT**

Laboratory name : HOSPITAL NEUMOLOGICO ALFREDO J. VALENZUELA

Sample ID : 00024

Patient name : CONSULTA EXTERNA 96

Date&Time : 8/8/2012 10:37:48 AM

Sediment measured by : Operator

Chemical measured by : Operator

Validated by : Automatic validated

Sent to LIS by : -

Exported by : -

Printed by : Operator

General chemical result : +

General sediment result : crowded

N° of + particle types : 1

N° of evaluated images : 15

**CHEMISTRY RESULT**

| Pad | SI        | Conv.     | Arbitr. |
|-----|-----------|-----------|---------|
| BIL | neg       | neg       | neg     |
| UBG | norm      | norm      | norm    |
| KET | neg       | neg       | neg     |
| ASC | neg       | neg       | neg     |
| GLU | norm      | norm      | norm    |
| PRO | neg       | neg       | neg     |
| BLD | 50 Ery/ul | 50 Ery/ul | ++      |
| PH  | 5         | 5         | 5       |
| NIT | neg       | neg       | neg     |
| LEU | neg       | neg       | neg     |

**SEDIMENT RESULT - Crowded sample - review of images is necessary!**

|                                          | p/ul  | N°   | +/-  | Ref. (p/ul) |
|------------------------------------------|-------|------|------|-------------|
| RBC Red Blood Cells                      | 0.00  | 0.00 | -    | 0 .. 5      |
| WBC White Blood Cells                    | 0.00  | 0.00 | -    | 0 .. 9      |
| CRY Crystals                             | 0.00  | 0.00 | -    | 0 .. 6      |
| .CRY Crystals                            | 0.00  | 0.00 | -    | 0 .. 6      |
| .CaOxm CRY - Calcium-oxalate monohydrate | 0.00  | 0.00 | -    | 0 .. 6      |
| .CaOxd CRY - Calcium-oxalate dihydrate   | 0.00  | 0.00 | -    | 0 .. 6      |
| HYA Casts - Hyalin                       | 0.00  | 0.00 | -    | 0 .. 2      |
| PAT Casts - Pathological                 | 16.72 | 2.53 | ++++ | 0 .. 1.5    |
| NEC Non Squamous Epithelial Cells        | 0.00  | 0.00 | -    | 0 .. 2      |
| EPI Squamous Epithelial Cells            | 0.00  | 0.00 | -    | 0 .. 5      |
| YEA Yeast                                | 1.32  | 0.20 | -    | 0 .. 3      |
| BAC Bacteria                             | 16.28 | 2.47 | -    | 0 .. 75     |
| MUC Mucus                                | 0.88  | 0.13 | -    | 0 .. 264    |

Comment :

Dilution factor : 1.0

**Figura 4.7. Reporte de análisis de orina.**

En el Anexo D, encontraremos las imágenes tomadas en el módulo Cobio XS, las cuales posteriormente fueron enviadas a la unidad de procesamiento, para el análisis final.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **CONCLUSIONES.**

1. La actividad ingenieril realizada en la instalación de la unidad de análisis de orina jugó un papel preponderante en el diseño de las adecuaciones eléctricas, físicas, de ventilación; de manera que, se asegura el funcionamiento correcto de la unidad y el cumplimiento de lo requerido por el fabricante.
2. Gracias a la nueva instalación eléctrica del laboratorio se garantiza el buen desempeño eléctrico del área, en los años venideros; además, se mejoró la calidad de la energía de la que se le provee al mismo.

3. Estando instaladas las dos nuevas unidades de climatización centralizadas se ofrecen una mejor distribución del frío en el laboratorio, y de forma más eficiente que los de ventana antes existente.
4. La automatización de los diversos análisis clínicos, en este caso el de orina, mejora notablemente la calidad de los resultados. Esto lleva consigo a un diagnóstico más preciso por parte de los médicos y a una posterior corrección temprana de cualquier patología.
5. La capacitación al grupo de operarios, tras la adquisición de un equipo nuevo, genera una disminución en el trabajo correctivo a los equipos. De manera que, mientras ellos se encuentren mejor formados, utilizarán correctamente el equipo y por ende, la vida útil del mismo aumentará.
6. Muchas instalaciones eléctricas hospitalarias en nuestro medio han sido hechas sin pensar en una proyección de crecimiento a futuro, llevando al límite la capacidad de las mismas.

## **RECOMENDACIONES.**

1. Antes de realizar todo trabajo consistente en la instalación de equipos, se recomienda revisar todos los factores, de manera técnica, que podrían incurrir en fallos o daños al mismo.
2. Se recomienda al momento de realizar cualquier tipo de instalación, tener en cuenta en su planificación el factor de escalabilidad.

3. Mantener un calendario periódico de calibraciones, a fin de garantizar el correcto funcionamiento de todos los módulos.
4. Luego de la movilización del equipo desde Hungría, se recomendó el calibrar y probar todos sus dispositivos, dado que en dicho viaje sufre movimientos bruscos que lo descalibran.

## **ANEXOS.**

ANEXO A.

Cálculo de carga.

| Cálculo de carga del Laboratorio Clínico del Hospital Alfredo J. Valenzuela |                                            |          |                  |             |                   |                    |                     |           |  |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------|------------------|-------------|-------------------|--------------------|---------------------|-----------|--|
| Nº                                                                          | Carga                                      | Potencia | Carga individual | Carga total | Factor de demanda | Carga*demanda      | Carga por disyuntor | Disyuntor |  |
| 1                                                                           | Esterilizador                              | 1200     | 1                | 1200        | 1                 | 1200               | 1200                | 15        |  |
| 2                                                                           | Impresora                                  | 325      | 1                | 325         | 1                 | 325                |                     |           |  |
| 3                                                                           | PC Control Unidad de uro-análisis          | 450      | 1                | 450         | 1                 | 450                |                     |           |  |
| 4                                                                           | Analizador de orina                        | 200      | 1                | 200         | 1                 | 200                |                     |           |  |
| 5                                                                           | Gasómetro                                  | 80       | 1                | 80          | 1                 | 80                 |                     |           |  |
| 6                                                                           | Analizador hematológico                    | 400      | 1                | 400         | 1                 | 400                |                     |           |  |
| 7                                                                           | PC_clon                                    | 400      | 1                | 400         | 1                 | 400                | 1855                | 20        |  |
| 8                                                                           | Analizador automático bioquímico de sangre | 660      | 1                | 660         | 1                 | 660                |                     |           |  |
| 9                                                                           | Analizador hematológico 2                  | 200      | 1                | 200         | 1                 | 200                |                     |           |  |
| 10                                                                          | Impresora 2                                | 72       | 1                | 72          | 1                 | 72                 |                     |           |  |
| 11                                                                          | Agitador de tubos                          | 10       | 1                | 10          | 1                 | 10                 |                     |           |  |
| 12                                                                          | Espectrofotómetro                          | 80       | 1                | 80          | 1                 | 80                 |                     |           |  |
| 13                                                                          | Microscopio                                | 20       | 1                | 20          | 1                 | 20                 |                     |           |  |
| 14                                                                          | Coagulizador                               | 80       | 1                | 80          | 1                 | 80                 |                     |           |  |
| 15                                                                          | Analizador de electrolitos                 | 18       | 2                | 36          | 1                 | 36                 |                     |           |  |
| 16                                                                          | Horno esterilizador                        | 1000     | 1                | 1000        | 1                 | 1000               | 2158                | 20        |  |
| 17                                                                          | Refrigeradora 1                            | 400      | 1                | 400         | 1                 | 400                |                     | 20        |  |
| 18                                                                          | Refrigeradora 2                            | 400      | 1                | 400         | 1                 | 400                |                     | 20        |  |
| 19                                                                          | Centrifuga                                 | 250      | 1                | 250         | 1                 | 250                |                     |           |  |
| 20                                                                          | Centrifuga 2                               | 330      | 1                | 330         | 1                 | 330                |                     |           |  |
| 21                                                                          | Centrifuga 3                               | 150      | 1                | 150         | 1                 | 150                |                     |           |  |
| 22                                                                          | Centrifuga 4                               | 600      | 1                | 600         | 1                 | 600                |                     |           |  |
| 23                                                                          | Purificador                                | 25       | 1                | 25          | 1                 | 25                 | 1355                | 20        |  |
| 24                                                                          | Alumbrado                                  | 80       | 12               | 960         | 1                 | 960                | 960                 | 20        |  |
| 25                                                                          | Acondicionador de aire                     | 2400     | 2                | 4800        | 1                 | 4800               | 4800                | 30        |  |
| 26                                                                          | Analizador bioquímico de sangre 2          | 1920     | 1                | 1920        | 1                 | 1920               | 1920                | 20        |  |
| 27                                                                          | Area inactiva                              |          |                  |             |                   |                    |                     | 15        |  |
|                                                                             |                                            |          |                  |             |                   | Potencia total (W) | 15048               |           |  |
|                                                                             |                                            |          |                  |             |                   | Itotal = P/V       | 65.42608696         |           |  |

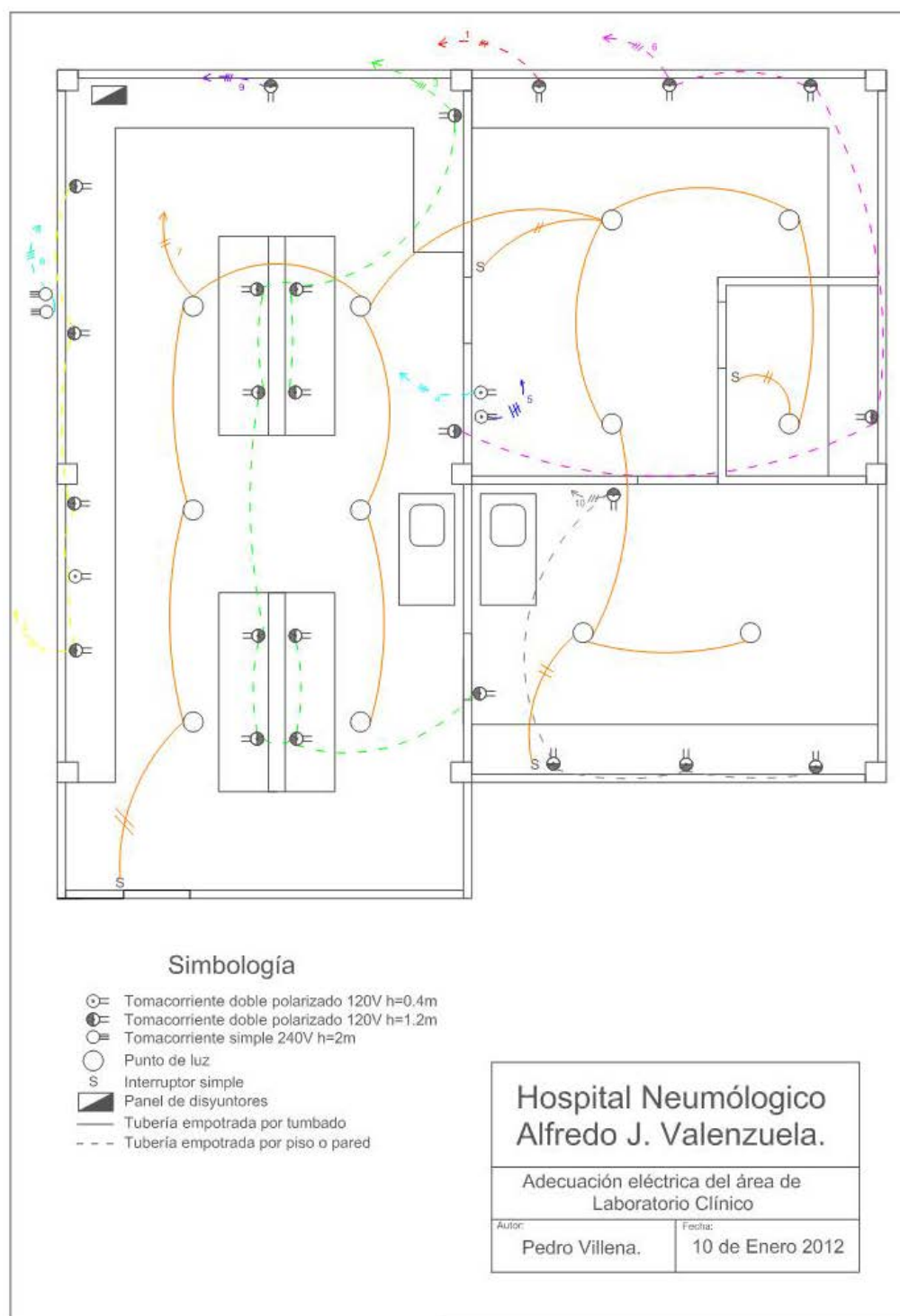
|                       | Valor real | Valor comercial |
|-----------------------|------------|-----------------|
| Trasformador 1Ø (KVA) | 15048      | 20              |
| Disyuntor 2P (A)      | 81.7826087 | 100             |

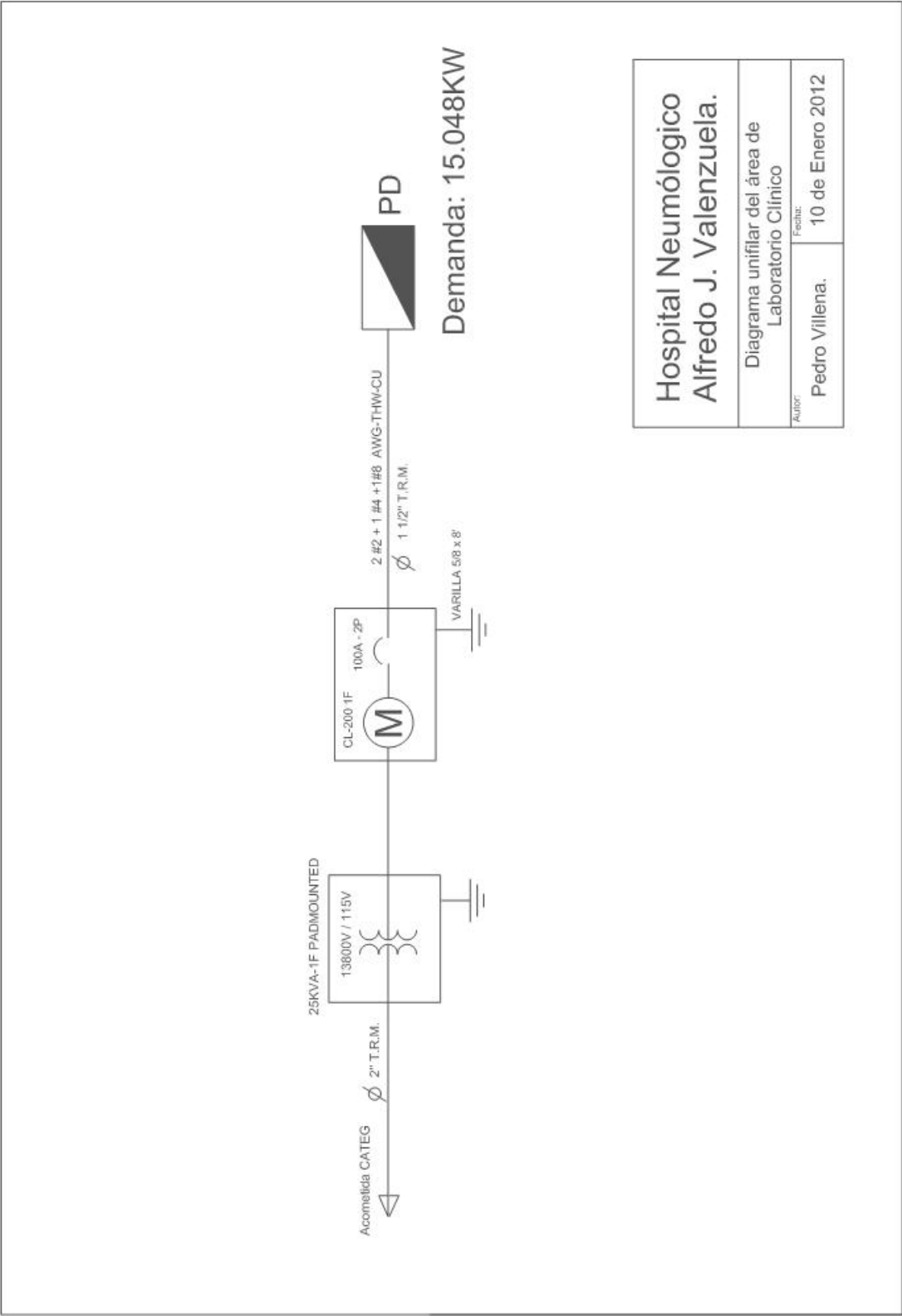
| Fase |          |
|------|----------|
| A    | Amarillo |
| B    | Azul     |
| AB   | Verde    |

| Panel de distribución |        |           |         |           |       |           |       |                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------|--------|-----------|---------|-----------|-------|-----------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nº                    | Puntos | Circuitos |         |           |       | Disyuntor |       | Servicio                                                                                                                                                                                                                 |
|                       |        | Fase      | Voltaje | Conductor | Ducto | Amperaje  | Polos |                                                                                                                                                                                                                          |
| 1                     |        | A         | 120     | 12        | 1/2'  | 15        |       | 1 Esterilizador                                                                                                                                                                                                          |
| 2                     |        | B         | 120     | 12        | 1/2'  | 20        |       | 1 Impresora, PC Control Unidad de uro-análisis, Analizador de orina, Gasómetro, Analizador hematológico, PC clon, Analizador automático bioquímico de sangre, Analizador hematológico 2, Impresora 2, Agitador de tubos, |
| 3                     |        | A         | 120     | 12        | 1/2'  | 20        |       | 1 Espectrofotómetro, Microscopio, Coagulizador, Analizador de electrolitos, Horno esterilizador                                                                                                                          |
| 4                     |        | B         | 120     | 12        | 1/2'  | 20        |       | 1 Refrigeradora 1                                                                                                                                                                                                        |
| 5                     |        | A         | 120     | 12        | 1/2'  | 20        |       | 1 Refrigeradora 2                                                                                                                                                                                                        |
| 6                     |        | B         | 120     | 12        | 1/2'  | 20        |       | 1 Centrifuga, Centrifuga 2, Centrifuga 3, Centrifuga 4, Purificador                                                                                                                                                      |
| 7                     |        | A         | 120     | 12        | 1/2'  | 20        |       | 1 Alumbrado                                                                                                                                                                                                              |
| 8                     |        | AB        | 240     | 10        | 1/2'  | 30        |       | 2 Climatización (2 AA 24000 BTU)                                                                                                                                                                                         |
| 9                     |        | A         | 120     | 12        | 1/2'  | 20        |       | 1 Analizador bioquímico de sangre 2                                                                                                                                                                                      |
| 10                    |        | B         | 120     | 12        | 1/2'  | 15        |       | 1 Área inactiva                                                                                                                                                                                                          |

## ANEXO B.

Planos eléctricos de la instalación actual.





ANEXO C.

Tablas

| Amperaje disyuntores |      | KVA Transformadores 1fase |  | Calibre de conductores |     |     |
|----------------------|------|---------------------------|--|------------------------|-----|-----|
| 15                   | 1100 | 5                         |  | AWG                    | TW  | THW |
| 20                   | 1200 | 10                        |  | 14                     | 20  | 20  |
| 30                   | 1300 | 15                        |  | 12                     | 25  | 25  |
| 40                   | 1400 | 25                        |  | 10                     | 30  | 35  |
| 60                   | 1500 | 37.5                      |  | 8                      | 40  | 50  |
| 70                   | 1600 | 50                        |  | 6                      | 55  | 65  |
| 100                  | 1700 | 75                        |  | 4                      | 70  | 85  |
| 125                  | 1800 | 100                       |  | 2                      | 95  | 115 |
| 150                  | 1900 | 167                       |  | 1/0                    | 110 | 130 |
| 175                  | 2000 | 250                       |  | 2/0                    | 145 | 175 |
| 200                  | 2100 | 333                       |  | 3/0                    | 165 | 200 |
| 225                  | 2200 | 500                       |  | 4/0                    | 195 | 230 |
| 250                  | 2300 |                           |  | 250MCM                 | 215 | 255 |
| 275                  | 2400 |                           |  | 300MCM                 | 240 | 285 |
| 300                  | 2500 | KVA Pad_Mounted 1fase     |  | 350MCM                 | 260 | 310 |
| 350                  | 2600 | 25                        |  | 400MCM                 | 280 | 335 |
| 400                  | 2700 | 37.5                      |  | 500MCM                 | 320 | 380 |
| 500                  | 2800 | 50                        |  |                        |     |     |
| 600                  | 2900 | 75                        |  |                        |     |     |
| 700                  | 3000 | 100                       |  |                        |     |     |
| 800                  | 3100 |                           |  |                        |     |     |
| 900                  | 3200 |                           |  |                        |     |     |
| 1000                 | 3300 |                           |  |                        |     |     |

| Seccion del mayor conductor de entrada a la acometida equivalente |                                        | Seccion del conductor a tierra |                                        |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|
| Cobre                                                             | Aluminio o aluminio revestido de cobre | Cobre                          | Aluminio o aluminio revestido de cobre |
| 2 o menos                                                         | 1 o 1/0                                | 8                              | 6                                      |
| 1 o 1/0                                                           | 2/0 o 3/0                              | 6                              | 4                                      |
| 2/0 o 3/0                                                         | 4/0 o 250kcmils                        | 4                              | 2                                      |
| Mas de 3/0 a 350 kcmils                                           | Mas de 250 a 500 kcmils                | 2                              | 1/0                                    |
| Mas de 350 a 600 kcmils                                           | Mas de 500 a 900 kcmils                | 1/0                            | 3/0                                    |
| Mas de 600 a 1100 kcmils                                          | Mas de 900 a 1750 kcmils               | 2/0                            | 4/0                                    |
| Mas de 1100 kcmils                                                | Mas de 1750 kcmils                     | 3/0                            | 250kcmils                              |

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- [1] Métodos de Laboratorio, Lynch, Raphael, Mellor, Spamm, Inwood, 2 ed, 1979.
- [2] Webster y Cook, Principios de Ingeniería Clínica, 3 ed.
- [3] Distribution Transformer Handbook, Richard Alexander, 3ed, 2006.
- [4] CombiScan XL, Manual del Usuario, V 1.0, 2006.
- [5] CombiScan XL, Manual de Servicio, V 1.0, 2006.
- [6] Cobio XS, Manual del Usuario, V1.8.2, 2009.
- [7] Cobio XS, Manual de Servicio, V2.0, 2009.