

# AUTOMATIZACIÓN DE INFORMES FOTOMÉTRICOS DE LUMINARIAS – SOFTWARE *ELUM*

Marcos Hochman – Ignacio Ashby – Juan Manuel García da Rosa.

[marcoshochaman@gmail.com](mailto:marcoshochaman@gmail.com) – [nachoashby@gmail.com](mailto:nachoashby@gmail.com) – [jmgarcia@internet.com.uy](mailto:jmgarcia@internet.com.uy)

Mario Vignolo - Nicolás Rivero

[jesus@fing.edu.uy](mailto:jesus@fing.edu.uy) – [nicolas@fing.edu.uy](mailto:nicolas@fing.edu.uy)

Laboratorio de Fotometría e Iluminación. Facultad de Ingeniería, Universidad de la República Oriental del Uruguay.

**Resumen** – En este trabajo se describe el diseño y la implementación del software *ELUM*, que permite automatizar la realización de informes fotométricos de ensayos aplicados a luminarias.

Palabras Clave – Datos, Ensayo, Luminaria, Procedimiento, Software, Fotometría, Curva fotométrica.

## I. INTRODUCCIÓN

El software *ELUM* está implementado en *Microsoft Visual Basic 6.0* para ser usado en entornos Windows. Posee una interfaz hacia el usuario sumamente amigable y de fácil manejo. Recibe los datos del ensayo fotométrico en una planilla en formato Excel y devuelve el informe en un documento Word. Los cálculos que implementa satisfacen las recomendaciones expuestas en la norma CIE 30-2.

Este trabajo está organizado de la siguiente forma: En primer lugar se hace una descripción general del ensayo realizado a la luminaria en cuestión. A continuación se describe la interfaz proporcionada por *ELUM*, donde se obtienen distintos datos ingresados por el usuario como ser: principales características de la lámpara y luminaria ensayada, parámetros geométricos del ensayo, e ingreso de la ruta de la planilla Excel con los datos obtenidos en el ensayo. Por último explica el diseño y la implementación del software desarrollado y como se utilizó el entorno de programación *Microsoft Visual Basic 6.0*.

## II. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

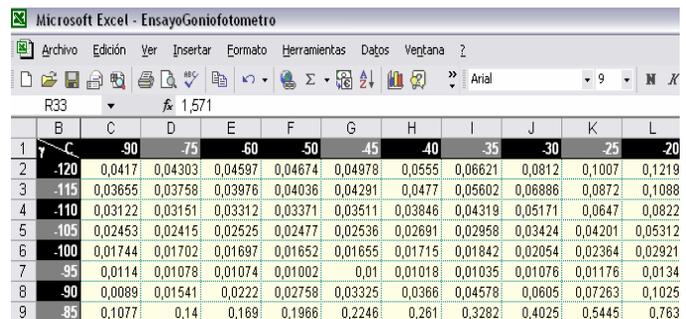
El objetivo del ensayo es calcular el flujo y la matriz de distribución de intensidades luminosas de una luminaria, a partir de un conjunto de medidas de iluminancia. Para ello se utilizan las instalaciones, materiales e instrumentos del Laboratorio de Fotometría del Instituto de Ingeniería Eléctrica (IIE).

### Instrumentos y materiales

- Lámpara.
- Luminaria.

- Goniofotómetro (luxímetro, posicionador, drivers, computador con software de control y adquisición de datos, wattímetro, voltímetro, computador con software de control de alimentación de la lámpara).

Los valores de iluminancia ( $E$ ) medidos por el luxímetro se almacenan en una planilla de Excel (Fig.1). De esta forma se obtiene una tabla con los valores de iluminancia medidos, para cada par de ángulo ( $C, \gamma$ ) recorrido.



The screenshot shows an Excel spreadsheet titled 'Microsoft Excel - EnsayoGoniofotometro'. The data is organized in a grid with columns labeled B through L and rows labeled 1 through 9. The first row (row 1) contains angle values: -90, -75, -60, -50, -45, -40, -35, 30, -25, -20. The first column (column 1) contains angle values: -120, -115, -110, -105, -100, -95, -90, -85. The cells contain numerical values representing illuminance measurements.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1		-90	-75	-60	-50	-45	-40	-35	30	-25	-20
2	-120	0,0417	0,04303	0,04597	0,04674	0,04978	0,0555	0,06621	0,0812	0,1007	0,1219
3	-115	0,03655	0,03758	0,03976	0,04036	0,04291	0,0477	0,05602	0,06886	0,0872	0,1088
4	-110	0,03122	0,03151	0,03312	0,03371	0,03511	0,03846	0,04319	0,05171	0,0647	0,0822
5	-105	0,02453	0,02415	0,02525	0,02477	0,02536	0,02691	0,02958	0,03424	0,04201	0,05312
6	-100	0,01744	0,01702	0,01697	0,01652	0,01655	0,01715	0,01842	0,02054	0,02364	0,02921
7	-95	0,0114	0,01078	0,01074	0,01002	0,01	0,01018	0,01035	0,01076	0,01176	0,0134
8	-90	0,0089	0,01541	0,0222	0,02758	0,03325	0,0386	0,04578	0,0605	0,07263	0,0925
9	-85	0,01077	0,14	0,169	0,1966	0,2246	0,261	0,3282	0,4025	0,5445	0,763

Fig.1: Planilla Excel con datos del ensayo

## III. INTERFAZ DE USUARIO

El ingreso de datos por parte del usuario se organiza siguiendo el estilo de los clásicos asistentes (o wizards, como se los conoce en inglés), con los cuales la mayoría de los usuarios están familiarizados.

Se buscó, además, lograr una interfaz robusta. Todos los datos que así lo requieren pasan por controles de validación de tipo o rango que impiden avanzar en el asistente en caso de error.

Cuando se inicia el programa se muestra el primer formulario en pantalla (Fig.2), que permite al usuario el ingreso de los siguientes campos de entrada:

- Nombre del Cliente.
- Número de Ensayo.
- Marca y modelo de la luminaria a ensayar.
- Marca, tipo, ampolla y flujo de la lámpara.

Fig. 2: Formulario 1

En el formulario 1, se brinda la posibilidad de salir del programa presionando el botón *Salir*.

Si se presiona el botón *Siguiente* se pasa al segundo formulario (Fig.3), el cual permite el ingreso de los distintos parámetros geométricos:

- Altura de montaje.
- Ángulo de inclinación de la luminaria o tilt.
- Distancia del centro fotométrico de la luminaria al luxímetro.

Fig. 3: Formulario 2

El sistema informa al usuario en caso de que este intente introducir algún valor no previsto en los campos de entrada. Por ejemplo si se pretende asignar a la luminaria un valor de flujo negativo, el programa desplegará un mensaje de error advirtiendo que los datos no son válidos. A su vez, el programa no permitirá seguir adelante hasta que el dato haya sido corregido. De este modo no solo se advierte al usuario sino que evita que los cálculos realizados adquieran un comportamiento inesperado.

Por otro lado el software ELUM está diseñado de modo que los datos ingresados por el usuario, en cada uno de los campos, son recordados al volver a ejecutar para generar un nuevo informe.

Una vez completados todos los campos de entrada, por medio del botón *Siguiente*, se da paso al tercer formulario, el cual permite elegir la ruta del archivo Excel con la información obtenida en el ensayo (Fig.4).

Fig.4: Formulario 3

Si se selecciona con un click sobre el icono del disco C: (Fig.5), se puede realizar la búsqueda hacia cualquier posible ubicación de la planilla en el PC que se está ejecutando el programa. A continuación se indica en el cuadro del medio la carpeta donde se encuentra el archivo Excel con los datos del ensayo que se quiere ingresar. Finalmente en el cuadro inferior se listan todos los archivos encontrados en la carpeta elegida con extensión .xls. Esto permite únicamente el ingreso de archivos Excel al programa. Luego se hace un click sobre el archivo Excel que se quiere ingresar, y se presiona el botón *Generar Informe*. El programa comienza a trabajar en la generación del informe fotométrico. El avance se indica en pantalla mediante una barra de progreso (Fig.5).

Fig. 5: Formulario 4.

Al cabo de unos minutos se tiene en pantalla el documento Word generado que contiene el informe fotométrico del ensayo realizado a la luminaria en cuestión.

#### IV. DISEÑO DEL SOFTWARE

El sistema diseñado, implementa distintas acciones de modo de cumplir con los siguientes cometidos:

- Cálculo de Flujo Luminoso por integración.
- Cálculo del Rendimiento Fotométrico en el Hemisferio Superior e Inferior.
- Cálculo de Rendimiento Fotométrico para Lado Vereda y Lado Calzada.
- Cálculo de Rendimiento Fotométrico Total.
- Presentación de Tablas de Distribución de Intensidad Luminosa (Cd).
- Presentación de Tablas de Distribución de Intensidad Luminosa Promedio (Cd/klm).
- Gráficos de Curvas de Rendimiento para Lado Vereda y Lado Calzada.
- Gráficos de Curvas Isolux.
- Representación Polar de la Intensidad Luminosa en Planos Principales.
- Generación del Informe de Ensayo en un documento Word, donde se muestren todos los resultados obtenidos anteriormente en un formato preestablecido.

Los distintos cálculos que se implementan satisfacen las recomendaciones expuestas en la norma de referencia CIE 30-2.

La Fig.6 muestra el diagrama interno de ejecución del programa, donde se indica cada procedimiento principal que es invocado.

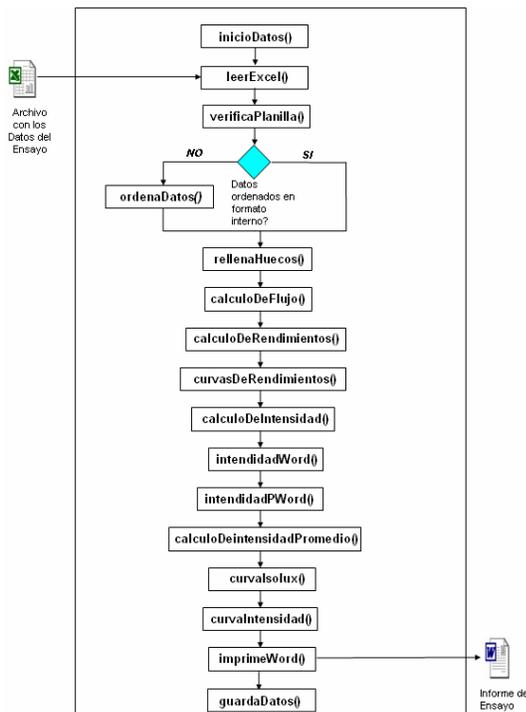


Fig.6: Diagrama de ejecución

Dentro del cuerpo del programa principal, se verifica si los datos del ensayo ingresados cumplen con un formato interno,

el cual se define a continuación; los ángulos  $\gamma$ , son siempre positivos y ordenados en orden creciente ( $\gamma \geq 0^\circ$ ); los ángulos  $C$  se ordenan de  $-180^\circ$  a  $180^\circ$  ( $-180^\circ \leq C < 180$ ).

Si los datos ingresados no coinciden con este formato se invoca a la función *ordenaDatos()*, encargada de realizar el ordenamiento de datos, de acuerdo al formato definido. De este modo siempre se maneja internamente una estructura fija para los datos de entrada, lo cual permite reutilizar rutinas, simplificar el diseño y brindar mayor simplicidad en la estructura interna.

Antes de invocar al procedimiento principal el programa verifica que los distintos datos ingresados por el usuario son válidos de modo que no se produzca un error en tiempo de ejecución. En este sentido el programa se encarga de manejar todos los tipos de error desplegando un mensaje de advertencia en pantalla (Fig.7), donde se indica las posibles causas del error encontrado.



Fig. 7: Mensaje de error

A continuación se explica cual es objetivo de cada procedimiento principal diseñado de acuerdo al diagrama de ejecución del programa.

#### *datosDeInicio()*

Cada vez que se inicia el programa, se invoca a este procedimiento, el cual carga en los campos disponibles para entrada de datos, los valores que han sido digitados por el usuario la última vez que se ejecutó.

#### *leerExcel()*

En este punto, se destaca la capacidad de *Microsoft Visual Basic* para ejecutar tareas de recepción o transmisión de información proporcionada por el usuario.

Este procedimiento implementa la conexión con la planilla Excel que contiene los datos del ensayo realizado. Para ello se hace uso de Excel, que es una aplicación que admite automatización y que expone sus elementos de aplicación como una colección de objetos con propiedades y métodos asociados disponibles para ser utilizados.

Para acceder a la planilla, se asume que los datos del ensayo, están situados en la hoja llamada *MatrizIluminancias* y que el formato en cuanto a la disposición de los datos en la hoja es la siguiente: los ángulos  $C$  se encuentran dispuestos en la fila 1 de dicha hoja, los ángulos  $\gamma$  en la columna B y los valores de iluminancia medidos están distribuidos en las posiciones relativas a esos ángulos ( $C, \gamma$ ).

Si no existe dicha hoja en la planilla, se produce un error en tiempo de ejecución y se despliega un mensaje en pantalla (Fig.8).



Fig.8: Mensaje de error.

Finalmente, los ángulos C, ángulos Gamma y valores de iluminancia medidos son cargados en variables que serán manejadas a lo largo del programa.

### verificaPlanilla()

Una vez leídos los datos de la hoja *MatrizIluminancias* y almacenados en variables, estos son verificados y acondicionados dentro de este procedimiento.

Por un lado se verifica que los datos de entrada cumplan las siguientes condiciones:

- No existe ningún valor en gamma negativo ( $\gamma < 0^\circ$ ) cuando; algún valor de C es mayor que  $90^\circ$  ( $C > 90^\circ$ ), o algún valor en C es menor que  $-90^\circ$  ( $C \geq -90^\circ$ ).
- No existen ángulos (C, $\gamma$ ) repetidos en la hoja.
- Todos los valores cargados en las variables son numéricos.

Si no se cumple alguna de estas condiciones, el programa devuelve un mensaje en pantalla indicando que no se puede continuar con la ejecución del programa (Fig.9).



Fig.9: Mensaje de error.

Por otro lado acondicionan los datos de entrada recibidos, de la siguiente manera:

- Si coexistieran valores de ángulos  $C = 180^\circ$  y  $C = -180^\circ$ ; se elimina uno de ellos y la columna correspondiente al valor de ese ángulo en la matriz de iluminancia
- A los ángulos mayores de  $180^\circ$  se le resta  $360^\circ$ , de modo que solo existan valores comprendidos entre  $-180^\circ$  y  $180^\circ$  en ambos vectores de ángulos.
- Ordena de menor a mayor los valores de la matriz de iluminancia respecto del los ángulo C.
- Ordena de menor a mayor los valores de la matriz de iluminancia respecto del ángulo gamma.

### ordenarDatos()

Este procedimiento ordena las variables que han sido cargadas a partir de la planilla Excel de entrada de acuerdo al formato interno establecido; *los ángulos  $\gamma$ , son siempre positivos y ordenados en orden creciente ( $\gamma \geq 0^\circ$ ); los ángulos C se ordenan de  $-180^\circ$  a  $180^\circ$  ( $-180^\circ \leq C < 180$ ).*

### rellenaHuecos()

Una vez ordenados los datos de acuerdo al formato interno definido, pueden existir posiciones vacías, en las que no se conoce el valor de iluminancia. Estas posiciones se ocupan realizando una interpolación lineal entre los valores de iluminancia, fijando el ángulo C e interpolando en gamma, utilizando el ángulo anterior y posterior a dicha posición vacía.

### calculoDeFlujo()

Se definen porciones de área  $\psi_{ij}$  (Fig.10) a partir de cuatro puntos (C,  $\gamma$ ) y se calcula el valor del flujo total sumando los flujos parciales, obtenidos a partir de cada porción de área definida, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\Phi = \sum_{ij} E_{ij} R^2 (C_{i+1} - C_i) [\cos(\gamma_j) - \cos(\gamma_{j+1})]$$

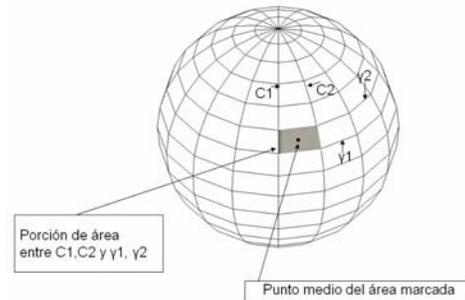


Fig.10: Porciones de áreas

A cada superficie  $\psi_{ij}$  se le asigna un valor de iluminancia  $E_{ij} = E(C', \gamma')$ , el cual se calcula mediante el método de interpolación cuadrática recomendado por la norma de referencia. En los puntos donde no se puede aplicar dicho método, se aplica el método de interpolación lineal.

### calculoDeRendimientos()

Se calcula el rendimiento total de la luminaria y los distintos rendimientos parciales correspondientes a diferentes zonas del entorno de la luminaria, como son el hemisferio inferior y el hemisferio superior (Fig.11), el lado calzada y el lado vereda (Fig.12).

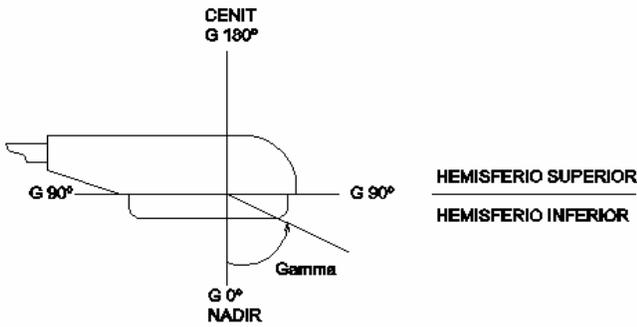


Fig.11: Vista lateral de la luminaria [1]

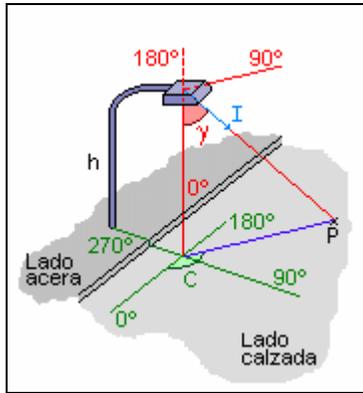


Fig.12: Lado vereda y lado calzada [8]

**curvasDeRendimientos()**

Se construyen las variables necesarias para graficar las curvas de rendimientos, que serán presentadas al momento de imprimir el informe fotométrico del ensayo.

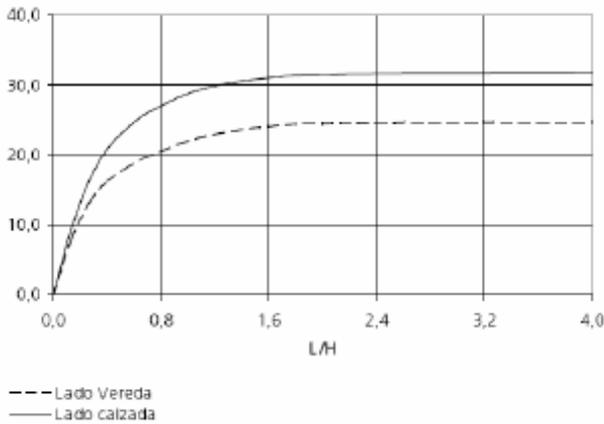


Fig.14: Representación de Curvas de Rendimientos

**calculoDeIntensidad()**

Se crea la matriz de intensidad luminosa de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{Intensidad} = R^2 \cdot \text{Iluminancia}$$

R es la distancia de la luminaria al luxímetro ingresada por el usuario en el formulario 1.

**intensidadWord()**

El objetivo de este procedimiento es ordenar la matriz intensidad luminosa de acuerdo al formato I-Table, recomendado por la norma CIE. La misma será presentada en forma de tabla al imprimir el informe fotométrico del ensayo (Fig.15).

**DISTRIBUCION DE INTENSIDAD LUMINOSA (cd)**

**PLANOS 'C'**

Gamma	270	285	300	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355	0
0	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3
10	1569,6	1592,3	1589,6	1497,1	1318,4	151,5	1548,7	1387,4	1394,9	1613,2	1639,4	1663	1669,9	1721,7
20	1142,3	1154,9	1316	1299,5	1341,3	1402,3	1403,7	1538,9	1644,3	1730,8	1806,3	1919,7	2002,3	2041,1
30	609,5	820,8	1029,5	996,1	999,2	992,5	986,3	997,9	1053,7	1161,6	1301,7	1431,2	1589,6	1632,1
40	301,4	326,1	301,4	384,4	699,1	653,7	663,1	705,6	797,2	911,1	1106,4	1448,1	1839,2	2006,5
45	473,4	501,5	564,6	566,8	590,8	617,5	648,2	692,7	756,8	886,4	1196,8	1905,9	2821,7	3037,7
50	438,7	461,2	502,7	536,1	561,9	592,6	634,4	688,7	771,4	947,2	1401,4	2316,1	3322,9	3973,3
55	403,5	423,1	453,8	496,9	530,3	562,3	604,4	653,3	760,8	1009,5	1562	2530,5	3777,1	4373,5
60	331,9	372,5	391,9	440,4	468,9	495,2	529	574,6	653,8	816,8	1045,5	1543,5	2465,4	2834,4
65	299,3	290,5	295,5	337,8	292,3	128,8	122,2	143,1	184,1	263	337,7	517,4	731,4	903,8
70	134	103,1	59,7	53,3	56,3	59,7	65	73,1	87,5	111,4	140,1	178,2	231,6	261,1
75	40,9	30,6	26,2	26,5	26,5	27,5	29,1	32,7	38,6	45,8	53,3	64,2	75,4	84,4
80	17	13,1	10,1	9,1	8,7	9,1	9,5	10,6	12,5	14,2	15,8	17,2	18,9	19,6
85	4,7	2,8	1,3	1,1	1,1	1,1	0,9	1,1	1,5	1,6	1,5	1,3	1,3	1,3
90	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8
95	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	1	1,4	1,7	2	2	1,9	1,6
100	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,9	1,3	1,9	2,4	2,9	3,3	3,9	3,1	2,6
105	0,6	0,7	0,7	0,9	1	1,4	2	2,7	3,5	4,1	4,4	4,3	4,1	3,5
110	0,8	0,8	0,9	1,1	1,3	1,8	2,5	3,2	4,1	4,5	4,7	4,5	4,3	3,8
115	1	1	1,1	1,3	1,5	1,9	2,5	3,1	3,7	4	4,1	4	4	3,8
120	1,3	1,3	1,3	1,6	1,8	2,1	2,5	2,9	3,3	3,4	3,5	3,5	3,7	3,9

Gamma	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	75	90	105
0	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3
10	1673,2	1667	1661,1	1559,9	1399,1	1363,9	1347,1	1364,7	1366	1540,7	1338	1398	1353,1	1366,9
20	2045,6	2033,6	1991,8	1837,8	1792,9	1712,4	1663,4	1606,9	1539,3	1481	1390,3	1333,3	1294,2	1297,3
30	1714,6	1736	1689,7	1536,2	1483,7	1430,8	1420,1	1403,8	1332,5	1300,9	1145,1	963,6	814,6	903,1
40	2101,2	1949,4	1707	1382,2	998,3	771,4	673,8	644,6	623,3	608,6	605,9	388,1	345	372,1
45	3119,7	2891,3	2386,3	1589,2	960,1	702,5	630	603,7	585,2	571,7	530,8	329,9	307,6	311,6
50	4057,4	3661,4	2822,6	1810,3	981,4	715,4	630,4	594,1	562,3	546,3	532,1	498,7	480	476,9
55	4564,6	3941,7	2802,8	1737,3	1014,3	706,9	604,6	561	538,8	513,8	491,2	452,9	441,8	444,9
60	2903,8	2467,4	1836,7	1129,1	768,3	588,6	520,1	474,8	453,8	448,4	422,2	383,5	362,5	365,4
65	896,9	792,2	533	349,2	216	151,2	101,4	119,2	187,2	283,6	392,1	502,1	582,1	586,1
70	230,7	224	169,5	127,3	93,4	72,8	62,9	56,4	52,8	49,4	48,7	84,1	97,9	141,2
75	79,9	69,9	59	47,6	37,7	31,6	27,9	26,3	24,8	23,6	23,4	23,8	27,6	32,4
80	18,1	17,4	15,1	12,9	11,1	10,1	9,4	9,4	9,1	9,3	9,8	13,1	14	16,8
85	1,1	1,1	1,1	1,1	0,9	0,9	0,9	0,9	1,2	1,2	1,7	3,2	4,8	6,2
90	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,4	0,7
95	1,2	0,9	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5
100	1,8	1,5	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,7	0,6	0,5	0,6	0,8
105	2,6	2,1	1,7	1,5	1,5	1,1	1	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	1,1	1,1
110	3,2	2,7	2,3	2	1,6	1,4	1,2	1,1	1,1	1	0,9	0,8	1,4	1,4
115	3,5	3,2	2,9	2,5	2	1,7	1,5	1,3	1,3	1,2	1,1	1	1,6	1,7
120	4	3,9	3,6	3,2	2,5	2,1	1,8	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3	1,9	1,9

Gamma	120	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190
0	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3
10	1565,1	1592,3	1589,6	1497,1	1318,4	151,5	1548,7	1387,4	1394,9	1613,2	1639,4	1663	1669,9	1721,7
20	1370,3	1304,9	1300,9	1403,2	1432,5	1494,4	1520,2	1562,5	1388,3	1611,8	1631,9	1639,4	1554	1487,7
30	1117,1	1179,8	1264,4	1367,6	1489,5	1631,4	1780,9	1909,9	1982,9	2023,8	2011,8	1976,2	1805,4	1663,2
40	738,5	762,5	784,3	743,6	746,1	821,3	960,1	1149,6	1300	1389,4	1391,6	1391,1	1131,4	911,6
45	339,2	347,7	338,8	382,4	616,2	707,4	903,9	1225,7	1463,9	1632,2	1684,7	1491,5	1178,5	885,8
50	532,5	513,4	523,6	546,3	578,4	636,2	907,6	1484,1	1941,5	2230,7	2210,7	1976,2	1365,8	914,7
55	499,6	482,3	489,4	519,2	563,7	638	927,1	1357	2090,7	3178,3	3216,5	2889,6	1849,4	1029
60	442,2	435,1	461,3	498,7	538,3	679,8	991,7	1389,1	3164,5	3883,9	4012,9	3372,5	2217,3	1203,9
65	349,8	365,7	400	447,6	511,2	636,6	926,6	1701,7	2762,3	3487,9	3600,3	3224,3	2013,6	1196,5
70	215,8	196,1	146,9	121,4	123	224,9	403,1	809,7	1383,4	2217,3	2389,1	2133,2	1088,2	563,7
75	40,2	48	55,1	65,6	82,8	117,5	187,6	318,8	495,6	638,4	694,5	622,8	406,6	253,7
80	19,1	22,2	25,6	30,4	37,4	50,5	74,8	112,4	159	197	208,4	194	143,6	98
85	7,5	8,7	10	11,6	14,6	17,9	24,2	33,9	44,1	53	56,3	54,1	42,4	32
90	1	1,2	1,5	1,8	2	2,7	3,2	4,6	5,9	6,4	6,5	6,1	5,5	5
95	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1	1
100	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,9	2,2	2,4	2,4	2,3
105	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,4	4	4,4	4,5	4,1
110	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	2,3	2,9	3,7	4,4	5,1	5,8	6,3	6,1	5,9
115	1,8	1,8	1,9	2,1	2,5	3,1	3,9	4,8	5,7	6,5	7,1	7,6	7,3	7,1
120	2	2,1	2,2	2,5	2,9	3,6	4,5	5,4	6,2	6,8	7,2	7,5	7,1	6,9

Gamma	195	200	205	210	215	220	225	230	240	255
0	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3	1632,3
10	1588,3	1489,9	1497,9	1484,6	1496,6	1302,5	1492,6	1480,1	1453,2	1303,1
20	1442,5	1318,2	1285,7	1246,8	1226,3	1229,7	1192,7	1138	1100,7	1097,5
30	1529,7	1383,8	1289,7	1201,2	1183,9	1089,1	1053,3	987,7	832,4	584,1
40	767,4	683,8	625,3	614,8	609,1	614,8	616,2	596,4	516,1	480,5
45	733,2	661,5	620,6	584,6	559,7	544,1	529	513,4	479,1	467,6
50	769,7	670	618	577	554,3	534,3	516,1	496,9	468,9	439,1
55	809,8	679,1	615,3	577	548,1	525,5	505	480,9	448,9	414,6
60	839,5	680,2	600,6	536,1	526	495,6	477,8	445,6	415,1	385,3
65	840,4	644,6	560,1	511,2	480	448,9	422,6	391,9	360,4	329,2
70	341,2	225,4	169,7	139	133,3	229,3	314,3	292,2	246,7	152,9
75	17,1	12,1	9,3	7,5	6,8	5,7	5,5	5,8	4,7	4,4
80	71,9	53,5	43,8	36,1	31,7	27,9	25,8	23,8	21,6	18,5
85	27	21,2	17,2	14,2	12,8	10,9	10,4	9,4	8,6	6,4
90	4,6	4	3,3	2,6	2					

Se crea la variable que representa los valores de intensidad promedio entre puntos simétricos respecto al plano C 90°-270°. Dicha variable se construye promediando los valores de intensidad correspondientes a los ángulos C que van desde 0° a 90° con los que van desde 90° a 180° para todos los valores de gamma, y los valores intensidad correspondientes a los ángulos C que van desde 180° a 270° con los que van desde 270° a 360° y para todos los valores de gamma.

**intensidadPWord()**

Se crean las matrices de intensidad luminosa promedio. Estas son las matrices de intensidad promedio que se presentan en forma de tabla en al imprimir el informe del ensayo (Fig.16).

**DISTRIBUCION DE INTENSIDAD LUMINOSA PROMEDIO (cd/klm)**

**PLANOS 'C'**

Gamma	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	75	90
0	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7
10	276,8	269,1	268	267,3	230	252,3	248,2	251,6	251,6	248,6	247,7	247,3	257	251,7
20	336,7	328,9	327	320,3	295,5	288,3	275,3	267,5	258,4	247,5	238,1	220,3	214,4	208,1
30	265,7	275,7	279,1	271,7	247	238,6	230,1	228,3	226,1	217,5	209,2	184,1	154,9	131
40	336,2	337,9	317,6	274,5	213,3	180,5	134	108,7	103,7	100,2	97,9	97,4	94,6	87,6
45	491,7	501,5	455,5	367,6	232,2	154,4	113	101,5	97,1	93,8	91,9	88,6	85,2	81,6
50	639,5	632,4	589,8	438,7	291,1	157,8	115	101,4	93,9	90,4	87,8	85,6	80,2	72,2
55	735,4	734	633,8	430,7	282,6	163,1	113,7	97,2	90,2	86,6	82,6	79	72,8	71
60	474,6	466,9	396,7	263,2	181,6	123,5	94,6	83,6	78,5	74,9	72,1	67,9	61,7	62,3
65	145,6	141	128,2	85,7	56,2	34,7	24,3	19,4	18,8	30,1	45,9	51,3	45,4	48,1
70	42	40,3	36	27,3	20,5	15	11,7	10,1	9,1	8,5	7,9	7,8	13,5	15,7
75	13,6	12,8	11,2	9,5	7,7	6,1	5,1	4,5	4,2	4	3,8	3,8	4,2	4,4
80	3,2	2,9	2,8	2,4	2,1	1,8	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	2,1	2,2
85	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,8
90	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
95	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1
100	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
105	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
110	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
115	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
120	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3

Gamma	270	285	300	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355	360
0	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7	265,7
10	252,4	256	255,6	240,7	244,2	247,9	249	252,2	256,5	259,4	263,6	267,4	273,3	276,8
20	184	185,7	211,6	209	215,7	225,5	235,4	230,7	264,4	278,6	293,7	308,7	326,8	336,7
30	98	132	165,5	180,2	180,7	159,6	138,6	180,5	169,8	186,8	209,3	230,1	255,6	265,7
40	80,6	86,2	94,9	94,3	97,9	102,2	106,9	113,5	121,8	136,9	177,9	232,9	295,7	336,2
45	76,1	80,7	90,8	91,1	95	99,3	104,2	111,4	121,7	139,6	192,4	266,5	421,6	491,7
50	70,5	74,2	80,8	86,2	90,4	95,3	102	110,7	124	152,3	225,3	372,4	534,3	639,5
55	64,9	68	73	79,9	83,3	90,4	96,9	105,4	122,3	162,3	251,2	406,9	607,3	735,4
60	56,6	60	63	70,8	75,4	79,6	85,1	92,4	105,4	131,3	188,1	248,5	396,5	474,6
65	48,1	46,7	47,5	54,3	47	20,7	19,7	23	29,6	42,3	57,5	83,2	118	145,6
70	21,5	16,6	9,6	8,9	9,1	9,6	10,5	11,8	14,1	17,9	22,5	28,7	37,2	42
75	6,6	4,9	4,2	4,3	4,3	4,4	4,7	5,3	6,2	7,4	8,6	10,3	12,1	13,6
80	2,7	2,1	1,6	1,5	1,4	1,5	1,5	1,7	2	2,3	2,5	2,8	3	3,2
85	0,8	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
90	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
95	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
100	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
105	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6
110	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6
115	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6
120	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

Fig.16: Tabla de Distribución de Intensidad Promedio

**curvaIsolux()**

Se construyen las variables necesarias para graficar las curvas Isolux que son presentadas al imprimir el informe fotométrico del ensayo.

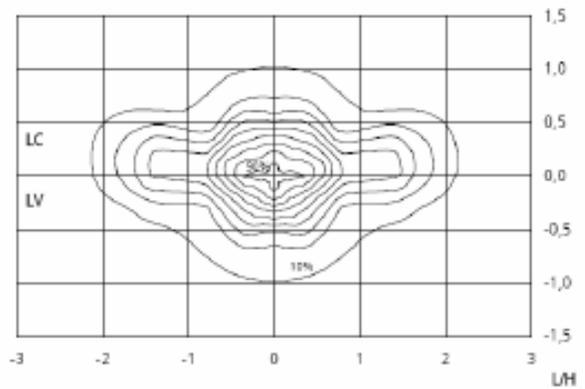


Fig.17: Representación de Curvas de Isolux

**curvasDeIntensidad()**

Se construyen las variables necesarias para representar las curvas de intensidad luminosa en planos principales que son presentadas al imprimir el informe fotométrico del ensayo.

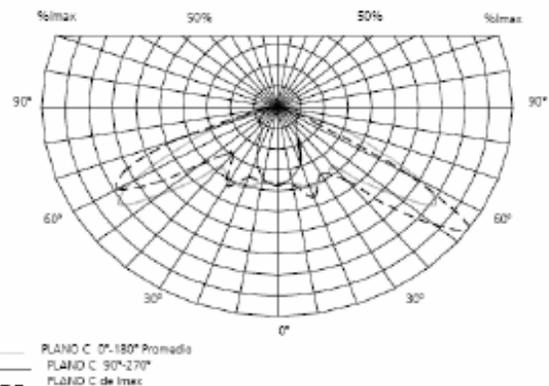


Fig.18: Representación de Curvas de Intensidad

**impimeWord()**

Se crea una conexión con el documento y se escribe directamente sobre él, haciendo uso de las principales variables globales que han sido creadas en los distintos procedimientos principales.

Su código esta ordenado de acuerdo a una estructura estándar creada para la impresión del informe, aprobada por el laboratorio de Fotometría.

**guardarDatos()**

Cada vez que se cierra el programa por medio del botón *Salir*, se guardan los datos que han sido proporcionados por el usuario en los campos de entrada.

## V. CONCLUSIONES

*ELUM* es una potente herramienta capaz realizar en forma automática la impresión en documentos Word de informes de ensayos fotométricos de luminarias. Cumple con las especificaciones dadas por la norma de referencia CIE 30-2.

Dentro de las características principales del sistema implementado se puede destacar:

- Bajo costo de implementación, ya que se trata de una aplicación desarrollada puramente en software.
- Diseño modular, flexible y adecuadamente documentado, que permite la incorporación de futuras mejoras o la realización de nuevos cálculos que se quieran agregar al informe.
- Reducción considerable del tiempo de procesamiento a la hora de realizar los informes o certificados de ensayo.
- Mejora en la calidad de los mismos, en cuanto a que brinda una mayor precisión en los cálculos realizados.
- Obtención de un estándar en el formato del informe a entregar.
- Garantiza el cumplimiento adecuado de la norma internacional CIE 30-2.
- Brinda la posibilidad de variar fácilmente distintos parámetros de entrada.

## REFERENCIAS

[1] Michael Halvorson, “Aprenda Visual Basic Ya 6.0”, ISBN 13: 9788448121075 - Editorial: McGraw-Hill.

[2] Sitio no oficial de Microsoft VB,  
<http://www.recursosvisualbasic.com.ar/>, abril 2008.

[3] Sitio oficial de Microsoft BV,  
<http://msdn2.microsoft.com/>, abril 2008.

[4] Sitio oficial de Microsoft BV,  
<http://support.microsoft.com/>, abril 2008.

[5] Publicación CIE N° 30-2, 1982 “Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting computer program for luminance, illuminance and glare”.

[6] Nicolás Rivero, “Evaluación de un sistema de posicionamiento angular de bajo costo”. Encuentro de Potencia, Instrumentación y Medidas, EPIM 05. Montevideo, Uruguay. - 23-24 nov.

[7] Nicolás Rivero, “Descripción del Sistema de Control de un Goniófotómetro”. Luxamerica 2006. Anales. Montevideo, Uruguay - oct 2006.

[8] [http://edison.upc.edu/curs/llum/exterio/vias\\_p.html](http://edison.upc.edu/curs/llum/exterio/vias_p.html)