

Universidad de Lleida
Escuela Universitaria Politécnica
Ingeniería Técnica Informática de Sistemas

Proyecto Final de Carrera

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA
INTERFICIE DE LECTURA DE UN LÁSER 2D**

Autor: Dani Fornons Ortega

Director: Jordi Palacín Roca

Septiembre 2007

ÍNDICE

0. INTRODUCCIÓN	5
0.1. LOS OBJETIVOS	6
0.2. ESTRUCTURA DEL TRABAJO	6
1. SISTEMA DE MEDIDA	7
1.1. EL LMS 200.....	7
1.2. ESTRUCTURA GENERAL DE UN TELEGRAMA	8
1.2.1 Codificación del Campo STATUS.....	9
1.3. ALGORITMO PARA EL CÁLCULO DEL CRC.....	10
1.4. DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL CÁLCULO DEL CRC	11
2. ÓRDENES DEL LMS-200	13
2.1. ÓRDENES DE CONFIGURACIÓN.....	13
2.1.1. Reset (Orden '10h' y '91h')	13
2.1.2 Modo de operación (Orden '20h' y 'A0h')	14
2.1.3. Ángulo y resolución (Orden '3Bh' y 'BBh').....	17
2.1.4. Órdenes de Estado	18
2.2. ÓRDENES DE MEDIDA EN FORMATO SIMPLE	20
2.2.1. Escaneo Simple (Orden '30h' y 'B0h')	20
2.2.2. Escaneo de Rango (Orden '37h' y 'B7h').....	22
2.2.3. Escaneo de Valores Medios (Orden '3Fh' y 'BFh')	23
2.3. ÓRDENES DE MEDIDA EN FORMATO CONTINUO.....	24
2.3.1. Escaneo Continuo (Orden '20h' '24h').....	24
2.3.2. Escaneo de Rango Continuo (Orden '20h' '27h')	25
2.3.3. Escaneo de Valores Medios Continuo (Orden '20h' '28h').....	25
3. RESULTADOS	27
4. BIBLIOGRAFIA	29
5. ANEXO I: MANUAL LIDAR SCAN VI	31
5.0. INTRODUCCIÓN	33
5.1. OPTIONS - OPCIONES.....	34
5.1.1. Connect with LMS – Conectar con LMS	34
5.1.2. Export – Exportar.....	34
5.1.3. Exit – Salir.....	36
5.2. CONFIGURATION - CONFIGURACIÓN	37
5.2.1. Ratio – Velocidad de transmisión.....	37
5.2.2. Angle – Ángulo.....	37
5.2.3. Status – Estado.....	38
5.2.4. Reset	38
5.3. SINGLE SCAN	39
5.3.1. Single Scan – Escaneo Simple.....	39
5.3.2. Range Scan – Escaneo de Rango	39
5.3.3. Mean Measured Scan – Escaneo de Valores Medios	40
5.3.4. Ejemplo Escaneo Simple	40
5.4. CONTINUOUS SCAN – ESCANEAO CONTINUO	41
5.4.1. Continuous Scan – Escaneo Continuo.....	41
5.4.2. Range Continuous Scan – Escaneo Continuo de Rango	41
5.4.3. Mean Measured Continuous Scan – Escaneo Continuo de Valores Medios	42
5.4.4. Ejemplo Escaneo Continuo	43
5.5. ABOUT	44
5.6. EJEMPLO DE FUNCIONAMIENTO LIDARSCAN	45
5.6.1. Diagrama de flujo del funcionamiento de LidarScan.....	46
6. ANEXO II: MANUAL DEL FABRICANTE	47

0. INTRODUCCIÓN

La agricultura de precisión es un concepto agronómico de gestión de parcelas agrícolas, basado en la existencia de variabilidad en el campo. Requiere el uso de las tecnologías de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), sensores, satélites, etc. para estimar, evaluar y entender dichas variaciones. La información recolectada puede ser usada para evaluar con mayor precisión la densidad óptima de siembra, estimar fertilizantes y otras entradas necesarias, y predecir con más exactitud la producción de los cultivos.

La agricultura de precisión tiene como objeto optimizar la gestión de una parcela desde el punto de vista

- Agronómica: ajuste de las prácticas de cultivo a las necesidades de la planta (ejemplo: satisfacción de las necesidades de productos fitosanitarios).
- Medioambiental: reducción del impacto vinculado a la actividad agrícola (ejemplo: limitaciones de la dispersión de los productos fitosanitarios).
- Económico: aumento de la competitividad a través de una mayor eficacia de las prácticas (ejemplo: mejora de la gestión del coste de los productos fitosanitarios).

Además, la agricultura de precisión pone a disposición del agricultor numerosas informaciones que pueden:

- Constituir una representación del campo.
- Ayudar a la toma de decisiones.
- Ir en la dirección de las necesidades de rastreabilidad.

Este proyecto se enmarca dentro del campo de la agricultura de precisión y pretende ser el primer paso para desarrollar un nuevo sistema para optimizar la aplicación de productos fitosanitarios en una explotación agrícola. El objetivo final será medir el volumen de las hojas de los árboles de una explotación para optimizar la aplicación de agroquímicos mediante un nuevo sistema de medida volumétrica basado en un láser.

0.1. Los objetivos

El objetivo del proyecto es conocer y comprender el funcionamiento de un sistema de medida de distancias basado en un láser que efectúa medidas en un plano de 2D y diseñar e implementar un software que permita la utilización de los recursos del mismo.

0.2. Estructura del trabajo

El trabajo está estructurado en 4 capítulos, en el capítulo 1 se presenta el sistema de medida utilizado, en el capítulo 2 se da un visión de las órdenes de lectura simples implementadas, en el capítulo 3 se verá las distintas órdenes de media continua, en el capítulo 4 se exponen los resultados del proyecto y, finalmente, en los anexos se añade el manual de la aplicación creada (anexo I) y el manual del láser utilizado (anexo II).

1. SISTEMA DE MEDIDA

El láser seleccionado para utilizar en el proyecto es el láser LMS 200., a continuación se presentan las características principales del mismo.

1.1. El LMS 200

El láser LMS 200 de SICK es un escáner 2D que mide distancias mediante la emisión de un rayo láser y la medida del tiempo que tarda en detectarse el rebote. El sistema puede trabajar en varios ángulos de 180° o 100° según se configure y a velocidades programables de 9600, 19200, 38400 y 500.000 Bauds. Aquí vemos algunas de las especificaciones del fabricante.


 LMS 200-30106	Technical data	LMS 200-30106
	Distance max./10% reflectivity	80 m/10 m
	Scanning range	max. 180°
	Angular resolution	0.25°/0.5°/1° adjustable
	Response time	53 ms/26 ms/13 ms
	Resolution/systematic error	10 mm, typ. ±15 mm
	Data interface	RS 232/RS 422
	Switching outputs	3 x PNP, typ. 24 V DC
	Laser protection class	1 (eye-safe)
	Operating ambient temperature	0 ... +50 °C
	Enclosure rating	IP 65
	Dimensions (W x H x D)	155 x 210 x 156 mm ³

Fig. 1. Especificaciones técnica del láser LMS 200

1.2. Estructura General de un Telegrama

La comunicación entre la CPU y el LMS 200 se realiza mediante telegramas. Cada telegrama es una sucesión de bytes y words con una estructura uniforme. A continuación veremos la estructura general:

STX	ADR	LONG		CMD	DATOS	CRC	
1	2	3	4	5	6 – N	N+1	N+2

Fig. 2. Estructura general y número de bytes de un Telegrama.

STX	Código de inicio de telegrama. Su valor es 02h.
ADR	Dirección identificador del LMS al que va dirigida la orden : <ul style="list-style-type: none"> ▪ 00h: Dirección Broadcast. ▪ 01h – 04h: LMS a referenciar.
LONG	Número de bytes que ocupa el campo CMD + DATOS. (2 bytes).
CMD	Orden a realizar por parte del LMS.
DATOS	Parámetros complementarios de la orden CMD.
CRC	Checksum. Código de Redundancia Cíclica (2 bytes).

Fig.3. Definición de Campos del Telegrama.

El formato de respuesta incluye dos campos nuevos al esquema anterior. Los campos ACK y STATUS:

ACK	STX	ADR	LONG		CMD	DATOS	STATUS	CRC	
1	2	3	4	5	6	7 – N	N+1	N+2	N+3

Fig. 4. Estructura y número de bytes de respuesta a un Telegrama.

ACK	Código de Asentimiento: <ul style="list-style-type: none"> ▪ 06h: ACK ▪ 15h: NACK
ADR	Dirección de retorno. Es la dirección enviada anteriormente + 80h.
STATUS	Sido del LMS después de la operación.

Fig. 5. Definición de Campos de un telegrama respondida.

Tanto la petición como la respuesta están codificados siguiendo la lógica *little endian*, es decir, el byte menos significativo es enviado primero.

1.2.1 Codificación del Campo STATUS

El Campo STATUS indica el estado en el que ha quedado el LMS después de realizar una operación. Consta de 8 bits agrupados de la manera siguiente:

Bit 2	Bit 1	Bit 0	Estado
0	0	0	No se ha detectado ningún error.
0	0	1	Información.
0	1	0	Warning.
0	1	1	Error.
1	0	0	Error Fatal.

Fig.6. Significado de los bits 0, 1 y 2 del campo STATUS.

Bit 4	Bit 3	Fuente de los Datos
0	0	Proviene de un LMS tipo -xxx1 hasta el -xxx4.
0	1	Proviene de un LMI 400.
1	0	Proviene de un LMS tipo 6.
1	1	Proviene de un dispositivo especial.

Fig.7. Significado de los bits 4 y 5 del campo STATUS.

1.3. Algoritmo para el cálculo del CRC

Función CrearCRC (* Telegrama tipo Puntero a char , Len tipo entero)
devuelve : CRC tipo Word

(Word) CRC = 0;
(Byte) Data [2] = 0; // Tabla de 2 Bytes inicializados a 0

Mientras (Len <> 0) Entonces

Data [1] = Data [0];
Data [0] = * Telegrama;
Telegrama++;

Si (CRC & 0x8000h) Entonces // Operación And bit a bit

CRC = CRC & 0x7FFFh;
CRC = CRC << 1; // Desplazamiento a
CRC = CRC ⊕ 0x8005; // la izquierda 1 posición
// realimentando con 0

Sino

CRC = CRC << 1;

FSi

CRC = CRC ⊕ Data; // Operación Xor con
// toda la tabla Data

FMentre

Devuelve (CRC);

FFunción

1.4. Diagrama de Flujo para el cálculo del CRC

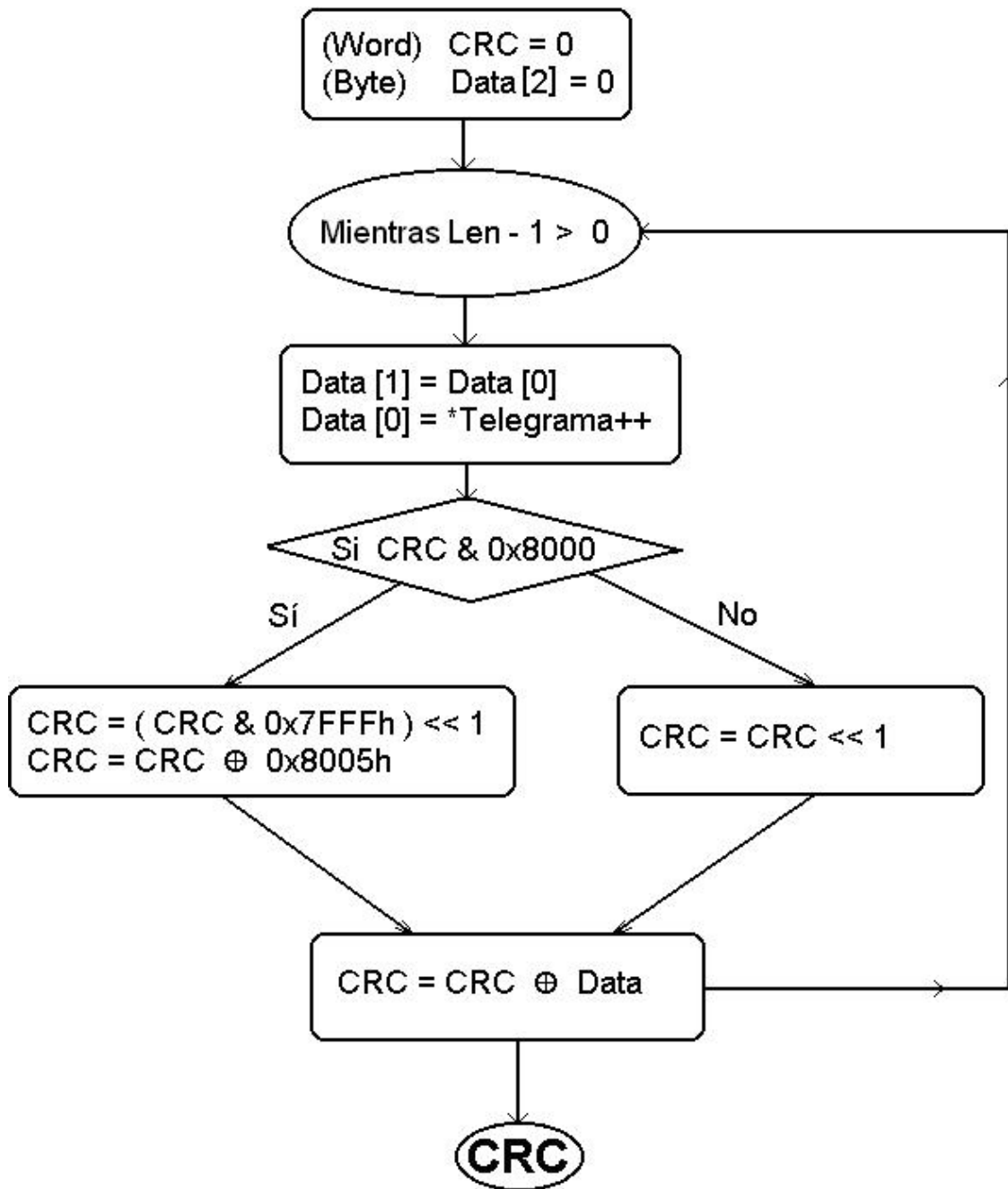


Fig. 8. Diagrama de Flujo para el cálculo del CRC

2. ÓRDENES DEL LMS-200

En este apartado se verán las órdenes más importantes que puede recibir el LMS así como un ejemplo de la trama que se le envía y de la que se espera recibir, todo agrupado en órdenes de configuración, medida y estado.

2.1. Órdenes de Configuración

Las órdenes de configuración son telegramas enviados al LMS que le indican el comportamiento que tiene que seguir para determinadas órdenes sucesivas que pueda recibir. Con estas órdenes podremos indicarle al LMS, la Velocidad de transmisión, el Ángulo, la Resolución angular, etc.

2.1.1. Reset (Orden '10h' y '91h')

Esta orden sirve para indicarle al LMS que se auto resetee. A efectos prácticos es el mismo que desconectar el láser de la corriente eléctrica y volverlo a conectar. El LMS queda configurado con los parámetros de velocidad de transmisión, ángulo de trabajo y resolución angular que tiene establecidos por defecto. La configuración inicial establece una velocidad de 9600 bauds, un ángulo de 180° y una resolución de 0.5°.

STX	ADR	LONG		CMD	DATOS	CRC	
02	00	01	00	10	-	34	12

Fig.9. Telegrama de petición de RESET.

ACK	STX	ADR	LONG		CMD	DATOS	STATUS	CRC	
06	02	80	02	00	91	-	10	79	30

Fig.10. Respuesta a un RESET.

2.1.2 Modo de operación (Orden '20h' y 'A0h')

STX	ADR	LONG		CMD	SUB-CMD	DATOS	CRC	
02	00	XX	00	20	XX	XX ...	XX	XX

Fig.11. Telegrama general del orden '20h'. La longitud del campo DATOS dependerá de cada suborden.

Esta es una de las órdenes de configuración más importantes del LMS. Con el comando '20h' no sólo podemos decidir el modo de operación sino que, además, también es útil para cambiar la velocidad de transmisión y la forma de como recibir los datos. Por esta razón es interesante dividir la orden '20h' en cuatro subpartados.

A. Selección de Modo:

SUB-CMD	DATOS	
00h.	PASSW	Coloca al LMS en modo de instalación. En este modo el LMS puede ser configurado con la orden '77h', la cual efectúa una escritura a la EEPROM del LMS y por este motivo esta limitada a unos miles de golpes. Requiere un password PASSW de 8 caracteres ('0'-'9', 'A'-'Z', 'a'-'z', '_') con equivalente ASCII en hexadecimal. Por defecto, el valor del campo PASSW es "SICK_LMS" o sea '53h','49h','43h','4Bh','5Fh','4Ch','4Dh','53h'. Si el cambio de modo de operación se completa con éxito, el LED rojo del LMS se activa.
01h.	S-PASSW	Coloca al LMS en modo de Calibración. Requiere un password de súper usuario sólo conocido por SICK.

Fig.12. Subcomandos para el cambio de modo de operación.

Selección de Funcionamiento:

Este grupo de subcomandos transmite al LMS de qué manera queremos recibir los datos, el rango y valores determinados, de forma continua o simple, etc.

SUB-CMD	
24h.	El LMS envía los resultados de los escaneos de forma continuada.
25h.	El LMS envía resultados sólo cuando hay una petición expresa. Es el orden por defecto al iniciar el Láser.
27h.	El LMS envía los resultados de los escaneos en un rango determinado de forma continuada.
2Bh.	El LMS envía los resultados de distancia y reflexión escaneados en un rango determinado de forma continuada.
28h.	El LMS envía el resultado promedio de N (2 - 250) escaneos de forma continuada.

Fig.13. Subcomandos para la selección de funcionamiento.

Para una información más ampliada, véase el apartado “*Órdenes en Formato Continuo*”.

B. Test de Contraseña:

SUB-CMD	DATOS	
30h.	PASSW	Testea si la contraseña de instalación es correcta. Requiere PASSW como parámetro, que por defecto es "SICK_LMS" en su equivalente ASCII hexadecimal.

Fig.14. Subcomando para el testeo de la contraseña de instalación.

C. Selección del Ratio de Transmisión:

Con este grupo de subcomandos podemos establecer la velocidad de transmisión del Láser.

SUB-CMD	Velocidades
40h.	Establece la velocidad de comunicación del LMS a 38.400 Bauds.
41h.	Establece la velocidad de comunicación del LMS a 19.200 Bauds.
42h.	Establece la velocidad de comunicación del LMS a 9.600 Bauds.
48h.	Establece la velocidad de comunicación del LMS a 500.000 Bauds.

Fig. 15. Subcomando de selección de velocidad de transmisión.

Todos los anteriores grupos de subcomandos tienen un único telegrama de respuesta con código 'A0h' y parámetros '00h' para denotar que el cambio ha sido satisfactorio y '01h' en caso contrario.

SUB-CMD enviada	Respuesta	DATOS
Grupo A	'A0h'.	'00h': Cambio de modo de operación satisfactorio. '01h': No se ha podido cambiar el modo de operación debido a un error al LMS o por contraseña errónea. El modo de operación anterior continúa vigente.
Grupo B	'A0h'.	'00h': Cambio de modo de funcionamiento no satisfactorio. '01h': No se ha producido el cambio de modo de funcionamiento. El anterior modo resta vigente.
Grupo C	'A0h'.	'00h': La contraseña introducida y la de instalación coinciden. '01h': La contraseña introducida y la de instalación no coinciden.
Grupo D	'A0h'.	'00h': El cambio de velocidad se ha realizado correctamente. '01h': El cambio de velocidad no se ha producido. La anterior velocidad de transmisión resta vigente.

Fig. 16. Telegrama de respuesta de selección de ratio.

2.1.3. Ángulo y resolución (Orden '3Bh' y 'BBh')

El LMS tiene varias configuraciones posibles con respecto a ángulo de operación y resolución angular. Concretamente, puede recoger información de medidas con un ángulo de 180° a una resolución de 0.5° y 1° y con un ángulo de 100° a una resolución de 0.25°, 0.5° y 1°. En total 5 configuraciones posibles. Cuando el láser está configurado a 100° su influencia es la equivalente a la parte central de 180°; es decir, va de 40° a 140°.

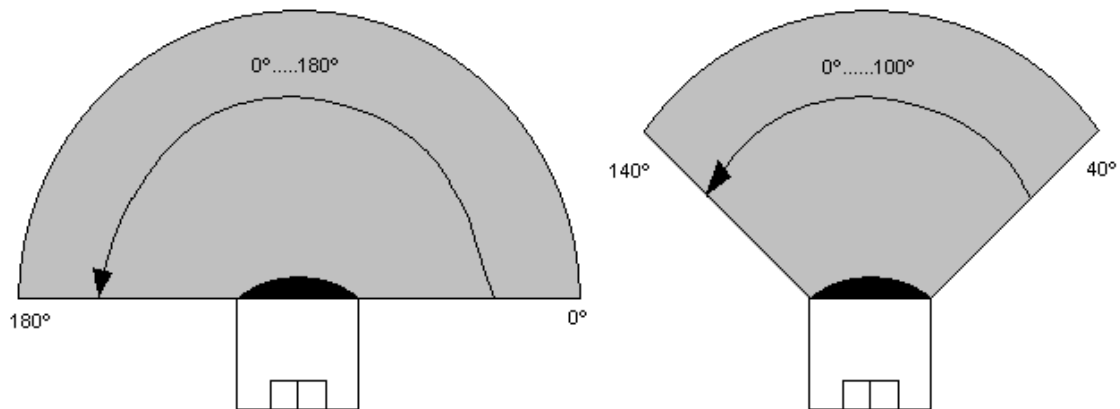


Fig. 17. Ángulo y resolución del láser LMS 200

STX	ADR	LONG	CMD	DATOS	CRC
02	00	05 00	3B	XX 00 XX 00	XX XX

Fig.18. Telegrama de petición de cambio de ángulo de trabajo o resolución.

DATOS			
Ángulo de Trabajo		Resolución Angular	
180°	'B4h' '00h'	1°	'64h' '00h'
100°	'64h' '00h'	0.5°	'32h' '00h'
		0.25°	'19h' '00h'

Fig.19. Configuraciones posibles para el orden '3Bh'.

La configuración de 180° con 0.25° de resolución no es posible. Todo el resto de combinaciones se pueden llevar a cabo. Es decir, 180°-0.5° ('B4h' '00h' '32h' '00h') configuración por defecto, 180°-1° ('B4h' '00h' '64h' '00h'), 100°-0.25° ('64h' '00h' '19h' '00h'), 100°-0.5° ('64h' '00h' '32h' '00h') y 100°-1° ('64h' '00h' '64h' '00h').

Todas las anteriores configuraciones tienen un único telegrama de respuesta con código 'BBh' y parámetros '01h' para denotar que el cambio ha sido satisfactorio y '00h' en caso contrario.

ACK	STX	ADR	LONG		CMD	DATOS	STATUS	CRC	
06	02	80	02	00	BB	01 XX 00 XX 00	10	XX	XX

Fig.20. Respuesta a la orden '3Bh'.

Así en el anterior esquema de respuesta el byte '01h' del campo datos denotaría que el cambio ha sido satisfactorio y que el actual ángulo de trabajo y resolución angular son XX 00 XX 00.

2.1.4. Órdenes de Estado

Las órdenes de estado nos informan de como esta configurado el LMS en aquel momento y si ha habido algún tipo de error en algún comando anterior. Son órdenes meramente informativas y son muy útiles si en un momento determinado del funcionamiento con el láser no recordamos su velocidad de transmisión, ángulo de funcionamiento, resolución angular, etc.

La orden de estado de más peso y la única que se utiliza a la práctica es la orden principal de estado, con código '31h'.

Tiene muchos parámetros informativos, devuelve hasta 161 bytes de información, pero desde el punto de vista útil de trabajo sólo son significativos los siguientes:

STX	ADR	LONG		CMD	DATOS	CRC	
02	00	01	00	31	-	15	12

Fig.21. Telegrama de petición de estado.

ACK	STX	ADR	LONG		CMD	DATOS	STATUS	CRC	
06	02	80	9A	00	B1	STAT	10	XX	XX

Fig. 22. Telegrama de respuesta a una petición de estado.

Bytes	Campo	Descripción
7...13	Versión	Responde con 7 caracteres con la versión del LMS "V02.10".
14	Modo	Responde el modo de operación con el que está funcionando. <ul style="list-style-type: none"> • '00h' Modo de instalación. • '24h' Modo de funcionamiento continuo. • '25h' Modo de funcionamiento simple.
15	Error	Si el valor en este campo es más grande que 0, se ha producido un error o un error grave en el LMS.
16...23	S/N	Número de Serie del LMS. 8 caracteres "02059034".
73,74	Revoluciones	Número de revoluciones de motor. Normalmente, 148.
113,114	Ángulo	Ángulo de trabajo del Láser. 100° o 180°.
115,116	Resolución	Resolución angular. 100 por 1°, 50 por 0.5° y 25 por 0.25°.
122,123	Ratio	Velocidad de Transmisión: <ul style="list-style-type: none"> • 8001 por 500.000 Bauds. • 8019 por 38.400 Bauds. • 8033 por 19.200 Bauds. • 8067 por 9.600 Bauds.
128	Unidades	Unidades de las medidas enviadas: <ul style="list-style-type: none"> • 0 unidades en centímetros. • 1 unidades en milímetros.

Fig.23. Definición de los parámetros del orden STATUS.

2.2. Órdenes de Medida en Formato Simple

El LMS tiene varias maneras de enviar la información que lee según nuestras necesidades. Hace falta tener en cuenta que el buffer de salida del láser es de 812 bytes. Esto quiere decir que cualquier orden que requiera una respuesta de una longitud más grande de bytes (sin contar el byte ACK) será contestada como NACK. Vamos a ver las diferentes órdenes de medida:

2.2.1. Escaneo Simple (Orden '30h' y 'B0h')

Con la orden de escaneo simple, el LMS envía un seguido de valores correspondientes a las medidas de distancia detectadas en cada ángulo de lectura, de forma correlativa.

STX	ADR	LONG		CMD	DATOS		CRC	
02	00	02	00	30	01	31	18	

Fig.24. Telegrama de petición de un escaneo simple.

Nótese que la orden '30h' requiere de un parámetro '01h' en el campo DATOS para enviar los resultados tal y como los lee.

ACK	STX	ADR	LONG		CMD	DATOS		STATUS	CRC	
06	02	80	XX	XX	B0	A	B	10	XX	XX

Fig.25. Telegrama respuesta a un escaneo simple con parámetros A y B.

La orden de respuesta a un escaneo simple tiene como código el 'B0h' y el campo DATOS está compuesto por dos bloques **A** y **B**.

A	<p>Ocupa 2 bytes. Su interpretación es a nivel de bit:</p> <p>Bit 15 y 14:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 00: Unidades dadas en cm. • 01: Unidades dadas en mm (valor por defecto). <p>Bit 13, 12 y 11:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 000: Escaneo completo y correlativo. <p>Bits 10..0:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Número de valores de la respondida N.
B	<p>Ocupa N x 2 bytes correspondientes a enteros en las unidades expresadas anteriormente (normalmente, mm) de las medidas leídas en ángulos correlativos. Están en formato little endian, es decir, primero el bytes menos significativo.</p>

Fig.26. Definición de los subcampos A y B en la respondida 'B0h'.

El valor de N depende de la configuración del LMS:

- i. N = 401 para una configuración $100^\circ - 0.25^\circ$.
- ii. N = 361 para una configuración $180^\circ - 0.5^\circ$.
- iii. N = 181 para una configuración $180^\circ - 1^\circ$.
- iv. N = 201 para una configuración $100^\circ - 0.5^\circ$.
- v. N = 101 para una configuración $100^\circ - 1^\circ$.

No tenemos que confundir el valor del campo LONG de la estructura general del telegrama que indica la longitud en bytes del campo CMD, DATOS y STATUS con el parámetro **N**, que indica el número de valores leídos en un Escaneo.

2.2.2. Escaneo de Rango (Orden '37h' y 'B7h')

Con esta orden podemos definir un rango determinado de operación en el cual se realice el escaneo. Sólo se activa para configuraciones 180° - 0.5° y 100° - 0.25°.

STX	ADR	LONG		CMD	DATOS		CRC	
02	00	05	00	37	A	B	XX	XX

Fig.27. Telegrama de escaneo de un rango determinado.

A	Valor inicial del rango definido para hacer el escaneo. Ocupa 2 bytes.
B	Valor final del rango definido para hacer el escaneo. Su valor esta limitado a 361 para una configuración 180° - 0.5° y a 401 por 100° - 0.25°. El valor final siempre tiene que ser superior o igual al valor inicial. Ocupa 2 bytes.

Fig.28. Definición del campo DATOS en el orden '37h'.

ACK	STX	ADR	LONG		CMD	DATOS				STATUS	CRC	
06	02	80	XX	XX	B7	A	B	C	D	10	XX	XX

Fig.29. Telegrama respuesta a un escaneo de rango con parámetros A, B, C y D.

A	Valor inicial del rango de escaneo. 2 bytes.
B	Valor final del rango de escaneo. 2 bytes.
C	Ocupa 2 bytes. Su interpretación es a nivel de bit: Bit 15 y 14: <ul style="list-style-type: none"> • 00: Unidades dadas en cm. • 01: Unidades dadas en mm (valor por defecto). Bit 13, 12 y 11: <ul style="list-style-type: none"> • 000: Escaneo completo y correlativo. Bits 10..0: Número de valores de la respuesta N ($N = B - A + 1$).
D	Ocupa N x 2 bytes correspondientes a enteros en las unidades expresadas anteriormente (normalmente, mm) de las medidas leídas en ángulos correlativos. Están en formato little endian, es decir, primero el byte menos significativo.

Fig.30. Definición de los parámetros A, B, C y D de la respondida 'B7h'.

2.2.3. Escaneo de Valores Medios (Orden '3Fh' y 'BFh')

El Escaneo de valores medios permite hacer un rápido promedio de medidas en varios escaneos.

STX	ADR	LONG		CMD	DATOS			CRC	
02	00	06	00	3F	A	B	C	XX	XX

Fig.31. Telegrama de petición de un Escaneo de valores medios.

A	Número de escaneos a realizar para calcular el promedio de valores. Los valores posibles van de 2 hasta 250 escaneos. Ocupa 1 byte.
B	Valor inicial del rango definido para hacer el escaneo de valores medios. De 1 a 401 en una configuración de 100° y de 1 a 361 en una configuración de 180°. Ocupa 2 bytes.
C	Valor final del rango definido para hacer el escaneo de valores medios. De 1 a 401 en una configuración de 100° y de 1 a 361 en una configuración de 180°. El valor final siempre tiene que ser superior o igual al valor inicial. Ocupa 2 bytes.

Fig.32. Definición de los campos A, B y C del orden '3Fh'.

El tiempo de respuesta de la orden '3Fh' va en función del número de escaneos requeridos para hacer la media. En un caso extremo de 250 escaneos la respuesta puede tardar al menos 14 segundos. La respuesta tiene la estructura siguiente con código 'BFh':

ACK	STX	ADR	LONG		CMD	DATOS					STATUS	CRC	
06	02	80	XX	XX	BF	A	B	C	D	E	10	XX	XX

Fig.33. Telegrama de respuesta a una petición de Escaneo de valores medios.

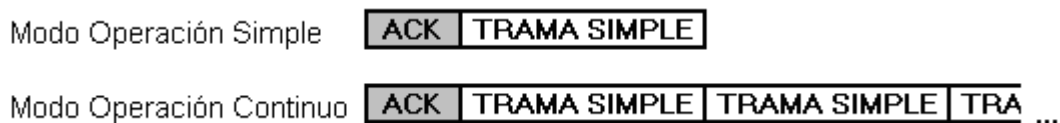
A	Número de escaneos a realizar para calcular la media. Ocupa 1 byte.
B	Valor inicial del rango de escaneos, el mismo que el enviado en la petición. 2 bytes.
C	Valor final del rango de escaneos, el mismo que el enviado en la petición. 2 bytes.
D	Ocupa 2 bytes. Su interpretación es a nivel de bit: Bit 15 y 14: <ul style="list-style-type: none"> • 00: Unidades dadas en cm. • 01: Unidades dadas en mm (valor por defecto). Bit 13...0: <ul style="list-style-type: none"> • Número de valores medios de la respuesta. $N = C - B + 1$.
E	Valores correspondientes a los valores medios calculados a partir de un cierto número de escaneos indicados en el campo A, en las unidades expresadas anteriormente (normalmente, mm). Ocupa $N \times 2$ bytes.

Fig.34. Definición de los parámetros A, B, C, D y E en la respuesta de Escaneo de valores medios.

2.3. Órdenes de Medida en Formato Continuo

Cómo ya hemos visto en el anterior apartado, la orden '20h' permite también, entre otras cosas, configurar al LMS para operar en modo continuo. De esta forma el láser envía constantemente las lecturas que efectúa en el medio y la aplicación receptora se limita a interpretar la información. Este modo de comunicación es notablemente más rápido a causa de eliminar el tiempo de petición pero, por contra, es más inestable puesto que, no se pueden definir tiempos constantes de lectura. El modo de operación continuo se interrumpe cuando el LMS recibe cualquier otro comando. A la práctica, se utiliza para dar fin al modo continuo el comando '20h' '25h' que deja el LMS configurado en modo simple.

Lógicamente, el modo de funcionamiento en formato continuo sólo encuentra su razón de ser en las órdenes de medida. El LMS envía un byte de acknowledge ('06h') y seguidamente empieza a enviar tramas manteniendo el formato de las órdenes simples.



2.3.1. Escaneo Continuo (Orden '20h' '24h')

Con esta orden, configuramos al láser para que envíe los resultados de los escaneos de forma continuada.

STX	ADR	LONG		CMD	SUB-CMD	CRC	
02	00	02	00	20	24	34	08

Fig.35. Telegrama de petición de Escaneo Continuo.

2.3.2. Escaneo de Rango Continuo (Orden '20h' '27h')

Permite definir un rango de valores determinados y sobre éste realizar escaneos de manera continua.

STX	ADR	LONG		CMD	SUB-CMD	DATOS		CRC	
02	00	06	00	20	27	A	B	XX	XX

Fig.36. Telegrama de petición de rango continuo.

A	Valor inicial del rango definido para hacer el escaneo. Ocupa 2 bytes.
B	Valor final del rango definido para hacer el escaneo. Su valor está limitado a 361 para una configuración 180° - 0.5° y a 401 por 100° - 0.25°. El valor final siempre tiene que ser superior o igual al valor inicial. Ocupa 2 bytes.

Fig.37. Definición de los campos A y B en la suborden '27h'.

2.3.3. Escaneo de Valores Medios Continuo (Orden '20h' '28h')

Pide al láser los valores medios de los resultados obtenidos en N escaneos de forma continuada. N puede tomar los valores de 2 hasta 250.

STX	ADR	LONG		CMD	SUB-CMD	DATOS			CRC	
02	00	07	00	20	28	A	B	C	XX	XX

Fig. 38. Telegrama de petición de Escaneo de valores medios continuo.

A	Número de escaneos a realizar para calcular el promedio de valores. Los valores posibles van de 2 hasta 250 escaneos. Ocupa 1 byte.
B	Valor inicial del rango definido para hacer el escaneo de valores medios. De 1 a 401 en una configuración de 100° y de 1 a 361 en una configuración de 180°. Ocupa 2 bytes.
C	Valor final del rango definido para hacer el escaneo de valores medios. De 1 a 401 en una configuración de 100° y de 1 a 361 en una configuración de 180°. El valor final siempre tiene que ser superior o igual al valor inicial. Ocupa 2 bytes.

Fig.39. Definición de los parámetros A, B y C de la suborden '28 h'.

3. RESULTADOS

El resultado del proyecto ha sido el diseño e implementación del programa LidarScan utilizando el lenguaje de programación Visual Basic.

LidarScan permite comunicarse con el láser para recoger diferentes tipos de medidas de distancia. Asimismo, permite la transformación de estos datos a formato cartesiano, teniendo en cuenta la velocidad con la que se capturaron los datos; de esta forma se puede hacer una representación tridimensional.

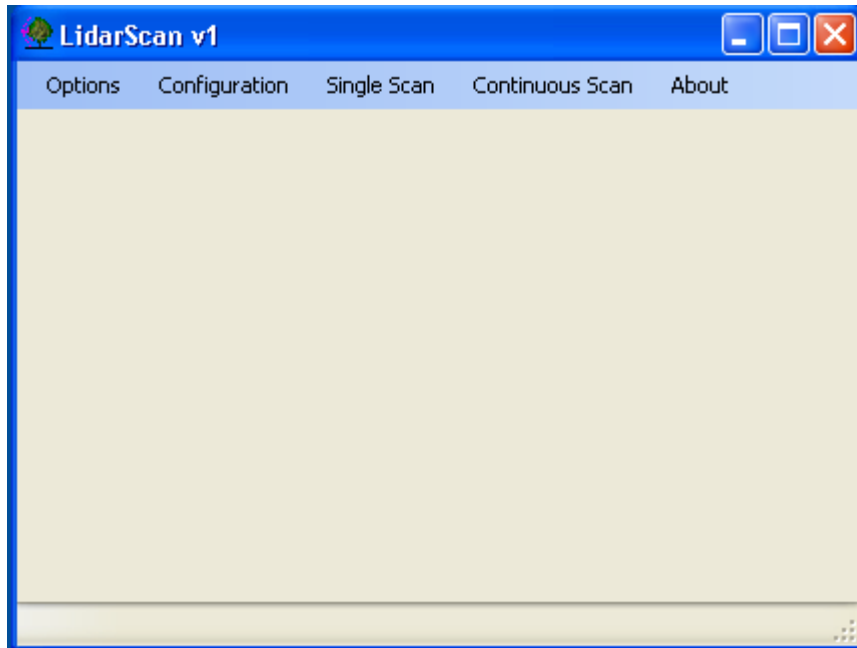
El programa LidarScan ha sido utilizado con éxito en pruebas de campo por usuarios finales.

Por otro lado, LidarScan en vez de ser un programa definitivo se ha convertido en una primera aplicación para la captura de información, y en futuras versiones permitirá la conexión de GPS y de sensores de ultra sonidos, estas posibilidades ya se contemplan, aunque no están implementadas, en la versión actual.

4. BIBLIOGRAFIA

- Proyecto Final de Carrera: <http://robotica.udl.es/tfc/pdf/josep.pdf>
 - “Diseny d’una aplicació de control i anàlisi per a un làser LMS 200 “
- LMS 200: <http://www.sick.es>
 - Telegrams for Configuring and Operating the LMS 2XX Laser Measurement Systems.
 - LMS200/211/221/291 Laser Measurement Systems
- Visual Basic: <http://msdn2.microsoft.com/es-es/default.aspx>

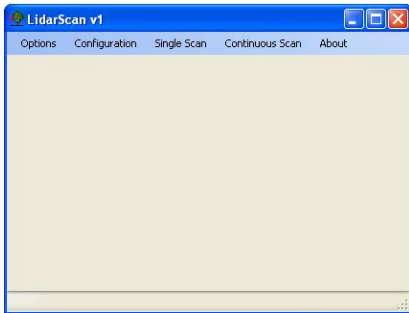
5. ANEXO I: MANUAL LIDARSCAN V1



ÍNDICE

5.0. INTRODUCCIÓN	33
5.1. OPTIONS - OPCIONES	34
5.1.1. CONNECT WITH LMS – CONECTAR CON LMS	34
5.1.2. EXPORT – EXPORTAR	34
5.1.2.1. <i>Ejemplo archivos exportados</i>	36
5.1.3. EXIT – SALIR	36
5.2. CONFIGURATION - CONFIGURACIÓN	37
5.2.1. RATIO – VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	37
5.2.2. ANGLE – ÁNGULO	37
5.2.3. STATUS – ESTADO	38
5.2.4. RESET	38
5.3. SINGLE SCAN	39
5.3.1. SINGLE SCAN – ESCANEEO SIMPLE	39
5.3.2. RANGE SCAN – ESCANEEO DE RANGO	39
5.3.3. MEAN MEASURED SCAN – ESCANEEO DE VALORES MEDIOS	40
5.3.4. EJEMPLO ESCANEEO SIMPLE	40
5.4. CONTINUOUS SCAN – ESCANEEO CONTINUO	41
5.4.1. CONTINUOUS SCAN – ESCANEEO CONTINUO	41
5.4.2. RANGE CONTINUOUS SCAN – ESCANEEO CONTINUO DE RANGO	41
5.4.3. MEAN MEASURED CONTINUOUS SCAN – ESCANEEO CONTINUO DE VALORES MEDIOS	42
5.4.4. EJEMPLO ESCANEEO CONTINUO	43
5.5. ABOUT	44
5.6. EJEMPLO DE FUNCIONAMIENTO LIDARSCAN	45
5.6.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL FUNCIONAMIENTO DE LIDARSCAN	46

5.0. INTRODUCCIÓN



LidarScan es un programa desarrollado en Visual Basic por la Universidad de Lleida para interactuar con el láser LMS-200.

El láser LMS-200 de SICK es un escáner 2D que mide distancias mediante la emisión de un rayo láser y la medida del tiempo que tarda en detectarse el rebote. El sistema puede trabajar en varios ángulos, 180° o 100° según se configure, y a velocidades programables de 9600, 19200, 38400 y 500.000 Bauds.



La comunicación entre la CPU y el LMS 200 se realiza mediante el intercambio de telegramas; cada telegrama es una sucesión de bytes y words con una estructura uniforme.

El LMS tiene varias formas de enviar la información que lee según nuestras necesidades. A través del programa podremos indicarle al LMS la velocidad de transmisión, el ángulo y la resolución angular y el modo de funcionamiento, simple o continuo.

LidarScan también permite exportar los archivos de distancias guardados a un nuevo documento que contendrá las respectivas coordenadas X, Y y Z de cada punto.

5.1. OPTIONS - OPCIONES



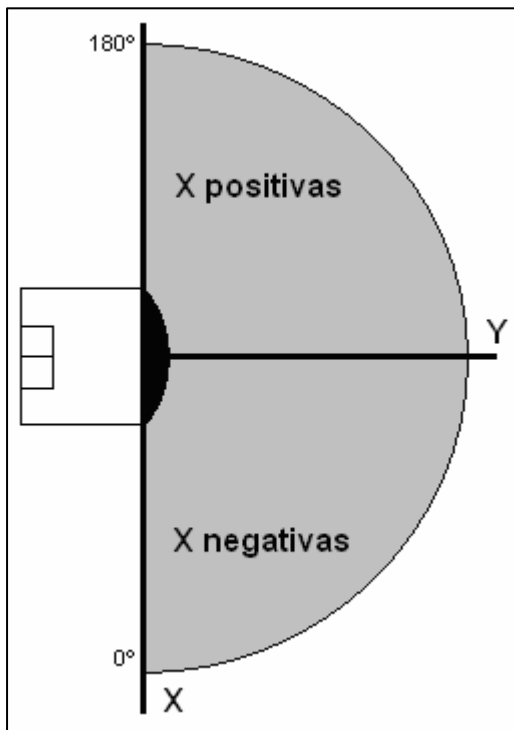
LidarScan permite conectar con el LMS para capturar nuevos datos y exportar éstos a distintos formatos.

5.1.1. Connect with LMS – Conectar con LMS



Se escoge, entre los disponibles, el puerto donde se encuentra conectado el LMS para establecer la comunicación.

5.1.2. Export – Exportar



La opción exportar permite transformar un archivo de distancias guardado a un nuevo documento que contendrá las respectivas coordenadas X, Y y Z de cada punto.


Éste nuevo archivo podrá utilizarse para visualizar los datos capturados con autocad, matlab, etc. dependiendo del tipo de formato escogido para exportar.

Para poder exportar un documento hay que seleccionar un archivo generado por el LMS



The 'Export' dialog box features a title bar with the word 'Export' in blue. Below the title bar, there is a label 'Input File:' followed by a text input field. To the right of the input field is a button labeled 'Select'.

Escoger el origen de los datos que se quieren exportar; en esta versión sólo se pueden tratar datos generados con el LMS.



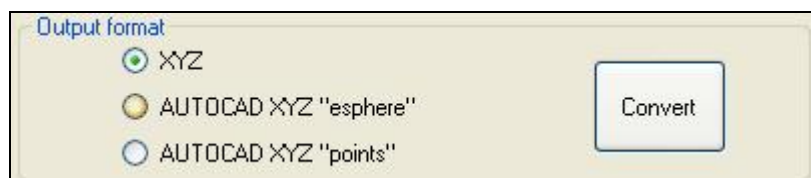
The 'Data' dialog box has a title bar with the word 'Data' in blue. It contains two radio button options: 'LIDAR DATA' (which is selected) and 'ULTRA SOUND DATA'. To the right of these options is a checkbox labeled 'Remove sky points:' which is currently unchecked. Below this checkbox is a text input field containing the number '8000'.

Determinar la velocidad a la que se han capturado los datos indicando directamente la velocidad, el punto de inicio y de finalización del escaneo o mediante los datos capturados por el GPS (no disponible en la versión 1)



The 'Z coordinate' dialog box has a title bar with the text 'Z coordinate' in blue. It is divided into three vertical sections. The first section has a radio button for 'Speed Constant:' (selected) and a text input field for 'Speed (m/s):' containing the value '1'. The second section has a radio button for 'Total distance' and two text input fields: 'Starting Point (m):' containing '0' and 'Ending Point (m):' containing '10'. The third section has a radio button for 'GPS data' (unchecked) and two radio button options: 'Speed' (selected) and 'XYZ'.

Indicar que tipo de archivo se quiere exportar: XYZ (texto), AUTOCAD XYZ "esphere" (archivo de comandos para autocad) o AUTOCAD XYZ "points" (archivo de comandos para autocad)



The 'Output format' dialog box has a title bar with the text 'Output format' in blue. It contains three radio button options: 'XYZ' (selected), 'AUTOCAD XYZ "esphere"', and 'AUTOCAD XYZ "points"'. To the right of these options is a button labeled 'Convert'.

5.1.2.1. Ejemplo archivos exportados

Archivo exportado a XYZ:

```
0 -3649 0.0625
32 -3667 0.0625
64 -3649 0.0625
97 -3723 0.0625
130 -3725 0.0625
164 -3766 0.0625
195 -3714 0.0625
233 -3804 0.0625
```

Archivo exportado a AUTOCAD XYZ “points”:

```
_.point 0,-3649,0.0625
_.point 32,-3667,0.0625
_.point 64,-3649,0.0625
_.point 97,-3723,0.0625
_.point 130,-3725,0.0625
_.point 164,-3766,0.0625
_.point 195,-3714,0.0625
_.point 233,-3804,0.0625
```

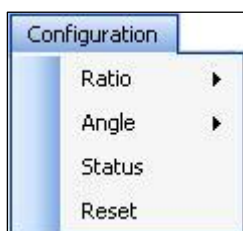
Archivo exportado a AUTOCAD XYZ “sphere”:

```
_.sphere 0,0,0 1
_.PSELECT t
_.block topo 0,0,0
insert topo 0,-3649,0.0625 1 1 0
insert topo 32,-3667,0.0625 1 1 0
insert topo 64,-3649,0.0625 1 1 0
insert topo 97,-3723,0.0625 1 1 0
insert topo 130,-3725,0.0625 1 1 0
insert topo 164,-3766,0.0625 1 1 0
insert topo 195,-3714,0.0625 1 1 0
insert topo 233,-3804,0.0625 1 1 0
```

5.1.3. Exit – Salir

La opción salir desconectará el puerto del LMS y cerrará el programa.

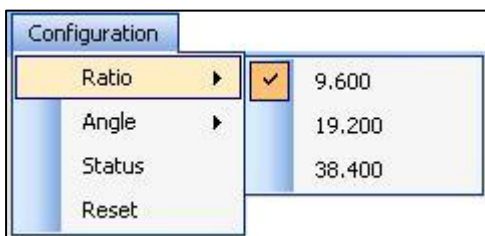
5.2. CONFIGURATION - CONFIGURACIÓN



Las órdenes de configuración son telegramas enviados al LMS que le indican el comportamiento que tiene que seguir para realizar determinadas órdenes sucesivas que pueda recibir. Con estas órdenes podremos indicarle al LMS, Velocidad de transmisión, Ángulo, Resolución angular, etc.

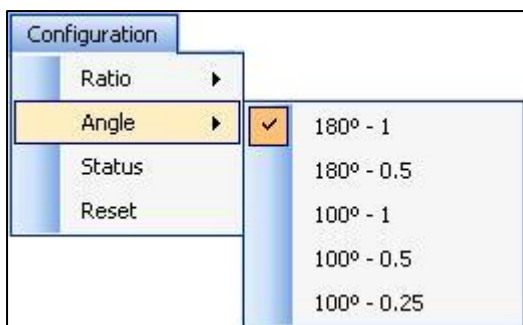
A través de este menú también podremos consultar el estado en que se encuentra el láser y hacerle un reset.

5.2.1. Ratio – Velocidad de transmisión



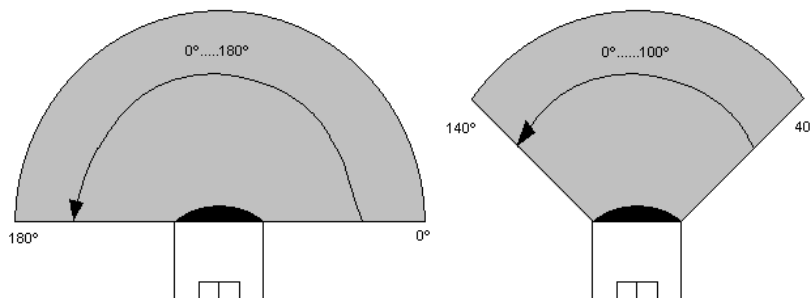
LidarScan permite escoger entre 3 configuraciones posibles en cuanto a velocidad de transmisión: 9.600 bauds, 19.200 bauds y 38.400 bauds. Inicialmente la velocidad de conexión se encuentra configurada a 9.600.

5.2.2. Angle – Ángulo



El LMS tiene 5 configuraciones posibles en lo referente a ángulo de operación y resolución angular.

Concretamente, puede recoger información de medidas con un ángulo de 180° a una resolución de 0.5° y 1° y con un ángulo de 100° a una resolución de 0.25°, 0.5° y 1°. Cuando el láser está configurado a 100° su influencia es la equivalente a la parte central de 180°; es decir, de 40° a 140°.



5.2.3. Status – Estado

Esta opción informa del estado del LMS y de la configuración con la que se encuentra trabajando.

Los parámetros que facilita son la versión del LMS, el número de serie, el modo de funcionamiento, si se ha producido algún error grave, el número de revoluciones del motor, el ángulo, la resolución, la velocidad de transmisión y las unidades de medida actuales.

5.2.4. Reset

Esta opción sirve para indicar al LMS que haga un reset. A efectos prácticos es lo mismo que desconectar el láser de la corriente y volver a conectarlo. El LMS queda configurado con los parámetros de velocidad de transmisión, ángulo de trabajo y resolución angular establecidos por defecto. La configuración inicial establece una velocidad de 9600 bauds, un ángulo de 180° y una resolución de 0.5°.

5.3. SINGLE SCAN



LidarScan permite hacer un único escaneo de datos de 3 formas distintas, escaneo simple, escaneo de rango y escaneo de valores medios.

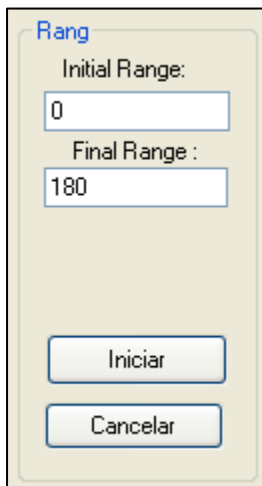
5.3.1. Single Scan – Escaneo Simple

Mediante la orden de escaneo simple se solicita al LMS que envíe un conjunto de valores correspondientes a las medidas de distancia detectadas en cada ángulo de lectura.

El número de escaneos depende de la configuración actual del láser y será de:

- 401 para una configuración $100^\circ - 0.25^\circ$.
- 361 para una configuración $180^\circ - 0.5^\circ$.
- 181 para una configuración $180^\circ - 1^\circ$.
- 201 para una configuración $100^\circ - 0.5^\circ$.
- 101 para una configuración $100^\circ - 1^\circ$.

5.3.2. Range Scan – Escaneo de Rango



La orden de escaneo de rango solicita al LMS que envíe un conjunto de valores correspondientes a las medidas de distancia detectadas entre el rango inicial y el rango final.

Ésta configuración sólo está disponible para configuraciones de ángulo y resolución de $180^\circ - 0.5^\circ$ y $100^\circ - 0.25^\circ$.

El valor del rango debe estar comprendido entre 0 y 180 para que el programa no genere un aviso de error.

El número de datos capturado en cada escaneo depende de la configuración actual del láser, ángulo y resolución, y del intervalo de rango introducido.

5.3.3. Mean Measured Scan – Escaneo de Valores Medios

Mediante la orden de escaneo de valores medios se solicita al LMS que envíe un conjunto de valores correspondientes al promedio de varios escaneos entre el rango inicial y el rango final.

El número máximo de escaneos es de 250 y el valor del rango debe estar comprendido entre 0 y 180.

Hay que tener en cuenta que si introducimos un valor muy grande, máximo de 250, para hacer la media cada escaneo puede llegar a tardar unos 14 segundos.

El número de datos capturado en cada escaneo depende de la configuración actual del láser, ángulo y resolución, y del intervalo de rango introducido.

5.3.4. Ejemplo Escaneo Simple

Archivo generado con un escaneo de rango simple entre los ángulos 0° y 5° con una configuración de 180° y 0.5°.

```
L 0 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5
L 0.0625 3649 3667 3650 3724 3727 3770 3719 3811 3830 3819 3816
```

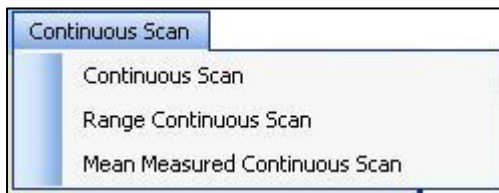
El formato de las líneas del documento es la siguiente:

Tipo_Dato Tiempo Ángulos

Dónde:

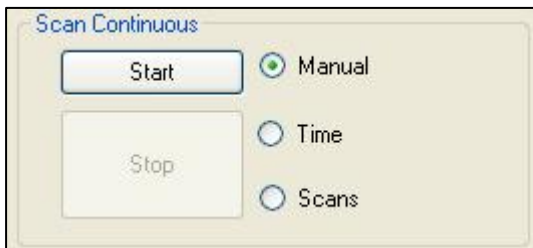
Tipo_Dato	L – Para datos capturados con el Lidar U – Para datos capturados con Ultrasonidos G – Para datos capturados con el GPS
Tiempo	Tiempo en que se inició la captura
Ángulos	Medida de distancia de cada ángulo, separada por un espacio

5.4. CONTINUOUS SCAN – ESCANEEO CONTINUO



LidarScan permite hacer múltiples escaneos de datos de 3 formas distintas, escaneo continuo, escaneo continuo de rango y escaneo continuo de valores medios.

5.4.1. Continuous Scan – Escaneo Continuo

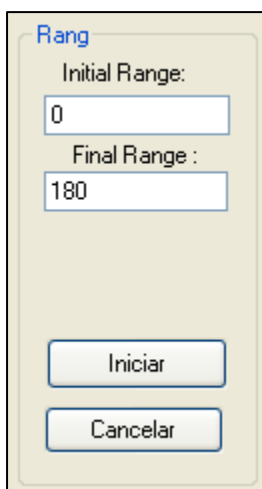


Aplicando la orden de escaneo continuo solicitamos al LMS que nos envíe un conjunto de valores correspondientes a las medidas de distancia detectadas en cada ángulo de lectura, de forma continua.

El número de escaneos depende de la configuración actual del láser y será de:

- 401 para una configuración $100^\circ - 0.25^\circ$.
- 361 para una configuración $180^\circ - 0.5^\circ$.
- 181 para una configuración $180^\circ - 1^\circ$.
- 201 para una configuración $100^\circ - 0.5^\circ$.
- 101 para una configuración $100^\circ - 1^\circ$.

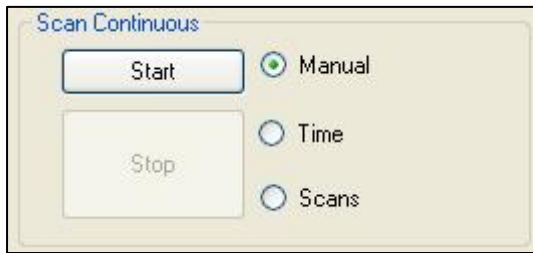
5.4.2. Range Continuous Scan – Escaneo Continuo de Rango



Mediante la orden de escaneo de rango se solicita al LMS que envíe un conjunto de valores correspondientes a las medidas de distancia detectadas entre el rango inicial y el rango final de forma continua.

Ésta configuración sólo está disponible para configuraciones de ángulo y resolución de $180^\circ - 0.5^\circ$ y $100^\circ - 0.25^\circ$.

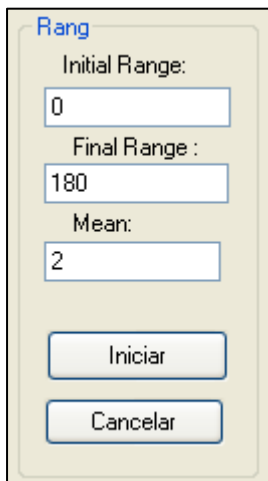
El valor del rango debe estar comprendido entre 0 y 180 para que no genere avisos de error.



Se puede establecer el número de escaneos de forma automática, mediante un número o un tiempo determinados, o de forma manual, indicando el inicio y el fin del escaneo.

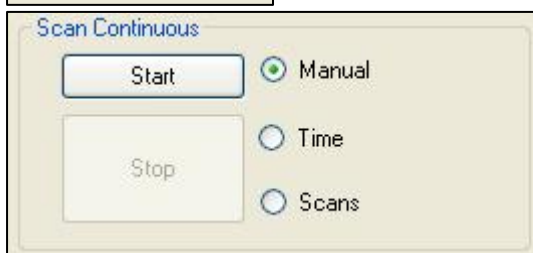
El número de datos capturado en cada escaneo depende de la configuración actual del láser, ángulo y resolución, y del intervalo de rango introducido.

5.4.3. Mean Measured Continuous Scan – Escaneo Continuo de Valores Medios



La orden de escaneo de valores medios solicita al LMS que envíe un conjunto de valores correspondientes al promedio de un número determinado de escaneos entre el rango inicial y el rango final de forma continua.

El número máximo de escaneos es de 250 y el rango debe estar entre 0 y 180.



Se puede establecer el número de escaneos de forma automática, mediante un número o un tiempo determinados, o de forma manual, indicando el inicio y el fin del escaneo.

El número de datos capturado en cada escaneo depende de la configuración actual del láser, ángulo y resolución, y del intervalo de rango introducido.

Hay que tener en cuenta que si introducimos un valor muy grande, máximo de 250, para hacer la media cada escaneo puede llegar a tardar unos 14 segundos.

5.4.4. Ejemplo Escaneo Continuo

Archivo generado con un escaneo de rango continuo de 14 capturas entre los ángulos 0° y 5° con una configuración de 180° y 0.5°

```
L 0 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5
L 0.046875 0509 0508 0507 0505 0511 0511 0511 0510 0518 0518 0523
L 0.8125 0508 0507 0507 0505 0513 0510 0511 0510 0518 0517 0513
L 1.59375 0508 0508 0507 0505 0513 0510 0511 0519 0518 0517 0515
L 2.359375 0509 0509 0507 0514 0513 0511 0510 0520 0518 0517 0523
L 3.140625 0508 0508 0507 0514 0513 0510 0510 0509 0518 0517 0523
L 3.90625 0508 0507 0507 0505 0513 0510 0520 0519 0508 0517 0514
L 4.6875 0509 0507 0507 0505 0513 0510 0510 0519 0509 0517 0523
L 5.453125 0508 0507 0507 0514 0513 0510 0511 0519 0518 0517 0514
L 6.234375 0508 0508 0507 0514 0513 0510 0511 0520 0520 0517 0515
L 7.509 0507 0507 0505 0513 0510 0510 0518 0508 0517 0523
L 7.78125 0507 0507 0505 0514 0513 0510 0510 0519 0518 0517 0514
L 8.546875 0508 0508 0507 0514 0513 0510 0510 0520 0519 0517 0514
L 9.328125 0508 0507 0507 0513 0511 0520 0510 0519 0518 0516 0523
L 10.09375 0509 0509 0507 0505 0513 0510 0511 0519 0518 0517 0514
```

El formato de las líneas del documento es la siguiente:

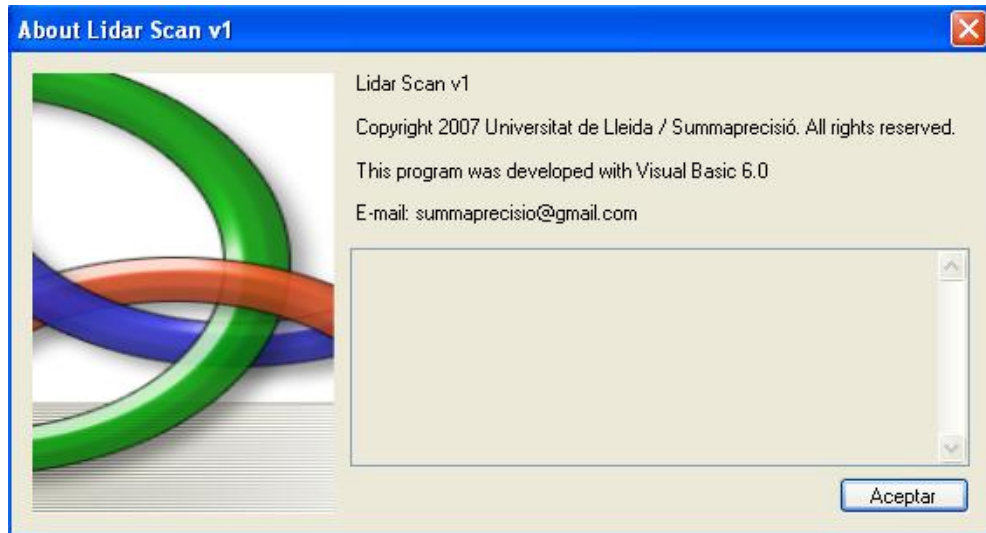
Tipo_Dato Tiempo Ángulos

Dónde:

Tipo_Dato	L – Para datos capturados con el Lidar U – Para datos capturados con Ultrasonidos G – Para datos capturados con el GPS
Tiempo	Tiempo en que se inicio la captura
Ángulos	Medida de distancia de cada ángulo, separada por un espacio

5.5. About

LidarScan facilita mediante esta opción información acerca del mismo.



5.6. Ejemplo de funcionamiento LidarScan

Una vez hemos abierto el programa LidarScan podemos escoger entre exportar un documento, conectar con el láser o salir.

Si escogemos exportar pasaremos a la selección del documento y de las opciones de exportación. Una vez guardado el documento con el formato elegido o cancelada la operación volveremos a poder escoger que operación realizar.

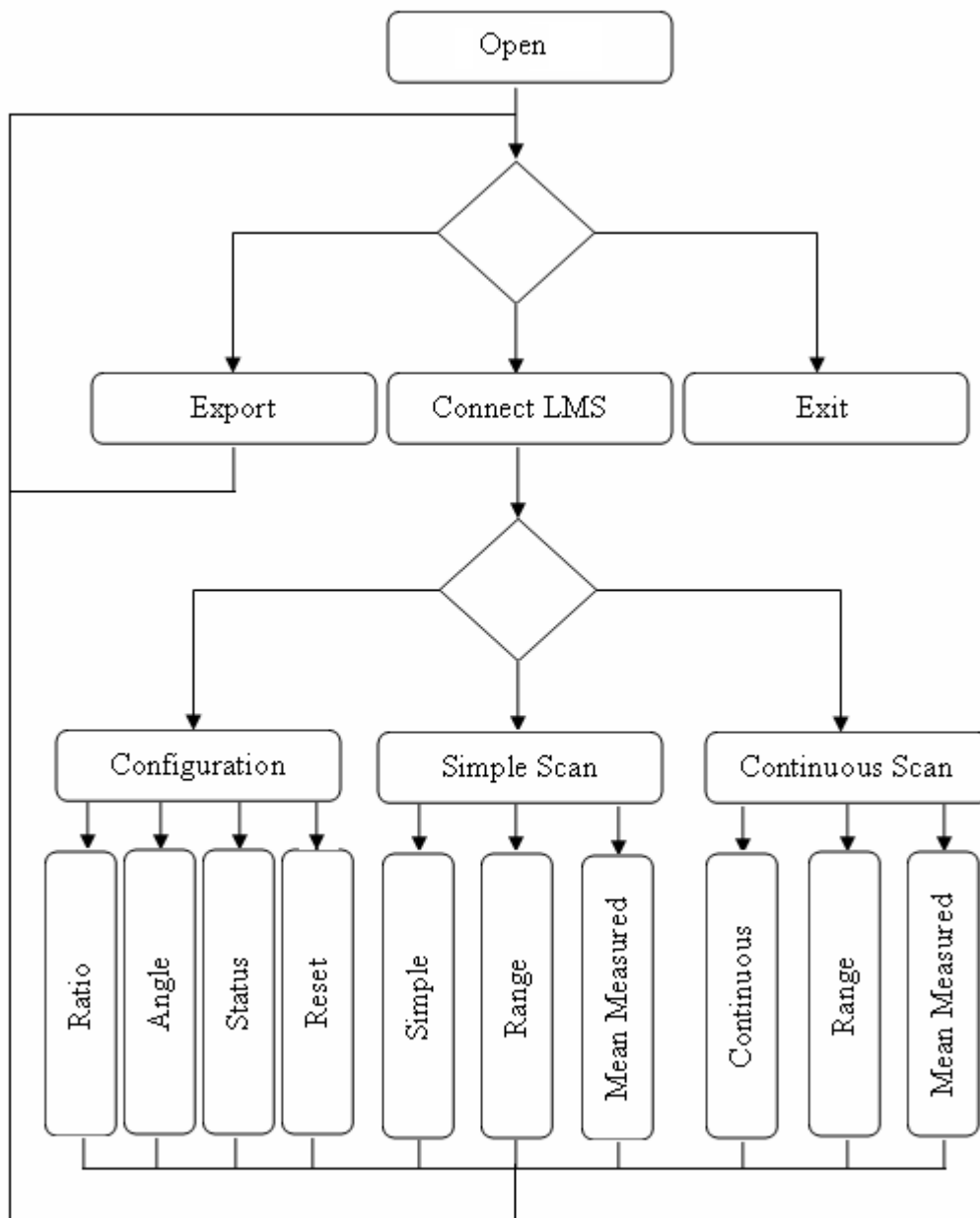
Si elegimos conectar con el LMS nos aparecerán 3 nuevas opciones: configuración, escaneo simple y escaneo continuo.

Las órdenes de configuración permiten modificar la velocidad de transmisión, el ángulo y la resolución, consultar el estado del LMS y resetearlo.

Las opciones de escaneo simple y continuo nos permiten iniciar un escaneo simple o continuo, un escaneo de rango o un escaneo de valores medios.

Si escogemos salir finalizará la ejecución del programa.

5.6.1. Diagrama de flujo del funcionamiento de LidarScan



6. ANEXO II: MANUAL DEL FABRICANTE