

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“HABILITACIÓN DE TIERRAS PARA INCORPORAR AGRICULTURA  
CON FINES DE RIEGO EN LA COMUNIDAD DE PFAUSI - JATUN  
SAYNA DEL DISTRITO DE MACARÍ”**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. DANITZA LIZBETH CHUCHULLO JILAPA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PUNO – PERU**

**2015**



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

“HABILITACIÓN DE TIERRAS PARA INCORPORAR AGRICULTURA CON  
FINES DE RIEGO EN LA COMUNIDAD DE PFAUSI - JATUN SAYNA DEL  
DISTRITO DE MACARÍ”




TESIS PRESENTADA POR:

DANITZA LIZBETH CHUCHULLO JILAPA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE	:	<hr/> MSc. Isidro Alberto Pílares Huallpa
PRIMER JURADO	:	 <hr/> Dr. Germán Belizario Quispe
SEGUNDO JURADO	:	 <hr/> MSc. Roberto Alfaro Alejo
DIRECTOR DE TESIS	:	 <hr/> Ing. Esteban Moisés Vilca Pérez

ÁREA : Ingeniería y Tecnología  
TEMA: Ordenamiento territorial  
LÍNEA: Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente

## *Dedicatoria*

*A Dios, por darme vida, oportunidad,  
tranquilidad y familia, para salir  
adelante y de tal modo poder recibirme  
como ingeniero.*

*A mis amados padres Samuel y Rosalía y  
a mis eternos amigos mis queridos hermanos  
Diana, Lady y Gerardo, por su incesante e  
incondicional apoyo que hacen posible este  
trabajo, sin dejar de lado a mi inspiración  
mi amada sobrina “Camilita”.*

*A Melqui S.J. Ochoa Cáceres, mi novio,  
por impulsarme a lograr mis metas a pesar  
de la distancia, por haberme acompañado  
en los momentos buenos y servirme de apoyo  
en los malos para no dejarme desfallecer.*

*A mis queridas amistades por sus  
sabios consejos en el medio laboral.*

## CONTENIDO

<b>1</b>	<b>CAPITULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2	JUSTIFICACIÓN	3
1.3	ANTECEDENTES	4
1.4	OBJETIVOS	5
1.4.1	Objetivo general	5
1.4.2	Objetivos específicos	5
1.5	HIPÓTESIS	5
1.5.1	Hipótesis general	5
1.5.2	Hipótesis específicos	5
<b>2</b>	<b>CAPITULO II: REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>6</b>
2.1	USO INTENSIVO DE AGRICULTURA BAJO RIEGO	6
2.1.1	Agricultura bajo riego	6
2.1.2	Serie de riego, características y métodos de riego	9
2.2	HABILITACIÓN DE TIERRAS O SUELOS PARA LA AGRICULTURA	19
2.2.1	Definición de tierras o suelos	19
2.2.2	Propiedades físicas del suelo	20
2.2.3	Nivelación de tierras para riego	24
2.3	COSTO ECONÓMICO	78
<b>3</b>	<b>CAPITULO III: MÉTODOS Y MATERIALES</b>	<b>79</b>
3.1	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	79
3.1.1	Ubicación y acceso al lugar de estudio	79
3.1.2	Área del lugar de estudio	79
3.1.3	Fisiografía	79
3.1.4	Climatología	81
3.2	INFORMACIÓN SOCIO – ECONÓMICA	82
3.3	MATERIALES, EQUIPOS Y RECURSOS	84
3.3.1	Materiales y equipos de gabinete	84
3.3.2	Materiales y equipo de campo	84

3.3.3	Materiales cartotablas y afines .....	84
3.3.4	Recursos humanos.....	84
3.4	METODOLOGÍA PARA CONOCER LA APTITUD DE LA HABILITACIÓN DE TIERRAS EN EL CENTRO POBLADO DE JATUN SAYNA DEL DISTRITO DE MACARÍ.....	85
3.4.1	Recopilación y sistematización de la información.....	91
3.4.2	Levantamiento topográfico .....	91
3.4.3	Habilitación de tierras con fines de riego.....	91
<b>4</b>	<b>CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>94</b>
4.1	RESULTADOS DE LA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EN LA ZONA.....	94
4.2	ESTUDIOS PRELIMINARES.....	94
4.2.1	Levantamiento topográfico. ....	94
4.3	HABILITACIÓN DE TIERRAS CON FINES DE RIEGO .....	98
4.3.1	Trabajo de ruptura de suelo.....	116
4.3.2	Tiempo y avance de la nivelación.....	118
4.3.3	costo de la nivelación .....	120
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>124</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>125</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>126</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>128</b>

## LISTA DE TABLAS

N°	DESCRIPCION	PÁGINA
01	Irrrometer longitudes y profundidades en el suelo	8
02	Intervalos recomendados entre curvas	62
03	Promedio de perfiles de este a oeste – terreno N° 1	88
04	Promedio de perfiles de norte a sur – terreno N° 1	88
05	Promedio de perfiles de este a oeste – terreno N° 2	89
06	Promedio de perfiles de norte a sur – terreno N° 2	89
07	Cotas del terreno a nivelar usando el recurso humano	96
08	Cotas del terreno a nivelar usando el recurso humano	97
09	Elevaciones en sentido de oeste a este del terreno que será nivelado usando el recurso humano	99
10	Elevaciones en sentido de norte a sur del terreno que será nivelado usando el recurso humano	101
11	Suma y promedio de líneas del terreno que será nivelado usando el recurso humano	103
12	Calculo del g (W-E) o declive que mejor se adapte a la topografía original en la dirección de oeste a este a través del campo	103
13	Cálculo del g (N-S) o declive que mejor se adapte a la topografía original en la dirección de norte a sur a través del campo	104
14	Elevaciones del terreno natural que será nivelado usando el recurso humano	105
15	Nuevas elevaciones del terreno que será nivelado usando el recurso humano	105
16	Cortes y rellenos para nivelar el terreno usando el recurso humano	106
17	Nuevas cotas del terreno ya nivelado usando el recurso humano	106
18	Elevaciones en sentido de oeste a este del terreno que será nivelado usando el recurso maquinaria	108
19	Elevaciones en sentido de norte a sur del terreno que será nivelado	

Usando el recurso maquinaria	110
20 Suma y promedio de líneas del terreno que será nivelado usando el Recurso maquinaria	112
21 Calculo del g (W-E) o declive que mejor se adapte a la topografía original en la dirección de oeste a este a través del campo	112
22 Cálculo del g (N-S) o declive que mejor se adapte a la topografía original en la dirección de norte a sur a través del campo	113
23 Elevaciones del terreno natural que será nivelado usando el recurso maquinaria	114
24 Nuevas elevaciones del terreno que será nivelado usando el recurso maquinaria	114
25 Cortes y rellenos para nivelar el terreno usando el recurso maquinaria	115
26 Nuevas cotas del terreno ya nivelado usando el recurso maquinaria	116
27 Trabajo de desbroce con recurso humano	117
28 Trabajo de desbroce con recurso maquinaria	117
29 Trabajo de nivelación con recurso humano	119
30 Trabajo de nivelación con recurso maquinaria	120
31 Costo de nivelación usando el recurso humano	121
32 Costo de nivelación usando el recurso maquinaria	123

## LISTA DE FIGURAS

<b>N°</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
01	Plano con puntos acotados	64
02	Plano con curvas de nivel	65
03	Capa arable del área de estudio	80
04	Terreno con estacas a cada 10 m	86
05	Elevación en cada estaca del terreno N° 01	87
06	Elevación en cada estaca del terreno N° 02	87
07	Ubicación del centroide del terreno a nivelar usando el recurso humano	95
08	Ubicación del centroide del terreno a nivelar usando el recurso maquinaria	97



## RESUMEN

En el centro poblado Jatun Sayna – Pfausi del distrito de Macarí, la agricultura y la ganadería son actividades de primera instancia en los pobladores; sin embargo, estas no se desarrollan eficazmente, porque desconocen la forma de uso del sistema de riego con lo que ellos cuentan, como también desconocen las condiciones del terreno que se debe de tener para que sea sometido a riego, en otros casos simplemente dejan de lado el acondicionamiento del terreno debido a los costos y tiempo que ello demanda. Lo que se hizo con este trabajo, es dar una alternativa que tiene como objetivo habilitar áreas de terrenos para incorporar a la agricultura y determinar el tiempo, costo que toma esta actividad, haciendo uso del método de los mínimos cuadrados con el recurso humano y recurso maquinaria, donde se obtuvo los siguientes resultados en la habilitación de tierras de un área de  $4900\text{ m}^2$  para cada uno, usando el recurso humano se tuvo en volumen de relleno  $406.79\text{ m}^3$  y  $223.15\text{ m}^3$  de corte, esto tomó un tiempo de 23 días con un costo de S/.3687.45; en el caso del recurso maquinaria se tuvo en volumen de relleno  $705.93\text{ m}^3$  de y  $526.7\text{ m}^3$  de corte, esto tomó un tiempo de 8 horas con un costo de S/.1000, llegando a la conclusión de que usando el recurso maquinaria el tiempo y el costo son reducidos en comparación del recurso humano, por lo tanto esto puede ser cubierto por los propietarios.

Palabras claves: agricultura, habilitación de tierras, nivelación, pendiente, riego.

## **CAPITULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Son varios los factores que hacen desfavorables la agricultura en el altiplano puneño; sin embargo, desde hace décadas se ha venido proyectando y ejecutando irrigaciones que han sido muy anhelados por los directos beneficiarios de nuestro medio, que cuando ejecutaron la obra ellos pusieron toda su expectativa en la irrigación, como medio que les permita mejorar su producción agrícola – pecuaria, poder incorporar agricultura a sus tierras y con ello mejorar su calidad de vida.

En tanto, otra fue la realidad, llena de desilusiones, amarguras y quien sabe otras sensaciones desagradables e inmedible decepción para ellos, al darse cuenta que no era posible utilizar la irrigación como lo habían planteado e imaginado, pues nadie les puso en conocimiento sobre las actividades adicionales de la ejecución de un canal de riego, para producir agricultura bajo riego tecnificado; además de no tener la información, tampoco tuvieron la oportunidad de ver una irrigación de éxito como lo habían propuesto. Una vez concluida la ejecución del canal de riego no les quedaba a quien puedan reclamarle, simplemente dar la espalda a la inversión realizada o quizás solo quedaba darle otros usos que no tienen nada que ver con el objetivo que debió tener la obra o en todo caso seguir con su vida normal como si nunca se hubiese ejecutado la obra.

Esto es el caso no de una, sino del total de las irrigaciones concluidas en el departamento de Puno, creando desconfianza en el poblador rural hacia las autoridades estatales.

Revertir una situación donde no se le ha consultado al beneficiario ni mucho menos se le ha invitado a ser participe en la toma de decisiones, ha sido y sigue siendo un problema para alcanzar la mejora de la producción en el medio rural y por ende la calidad de vida.

En el caso de la comunidad de Jatun Sayna – Pfausi, esta no puede aprovechar áreas de terreno para la agricultura, por falta de nivelación de tierras, debido a los costos y tiempo que ello demanda.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN.**

No solo es la inmensa mala inversión económica en irrigaciones ejecutadas en el departamento de Puno, sino que también es la gran cantidad de infraestructura de concreto en situación de abandono y deterioro total de las antiguas, deterioro progresivo en las más recientes y su consiguiente evidencia visual del fracaso de una buena propuesta para mejorar la producción en el medio rural.

La presente investigación está enfocado en dar una alternativa para la habilitación de tierras en la comunidad de Jatun Sayna – Pfausi distrito de Macari, dando resultados de inversión económica y el tiempo aproximado que servirá para planificar la reversión de la situación negativa en las que se encuentra las irrigaciones en el departamento.

Los interesados directos serían los beneficiarios directos y las instituciones que en la actualidad vienen proyectando y ejecutando irrigaciones en el medio.

### 1.3 ANTECEDENTES

En marzo del año 1998 la universidad nacional de Lomas de Zamora, facultad de ingeniería y ciencias agrarias, realizó trabajos de nivelación de terrenos con el fin de obtener mayor eficiencia de riego, la nivelación se hizo por el método de los mínimos cuadrados en un área de 200 m<sup>2</sup>, dichos trabajos fueron dirigidos por el ingeniero Víctor Negro.

El distrito de Macarí provincia de Melgar es de grandes retos, con las mejores cualidades cuya esperanza es el fruto del trabajo en la agro ganadería, pues en su amplia trayectoria como distrito se ha venido ejecutando diversos proyectos.

La Municipalidad Provincial de Melgar, logró en calidad de gestión más de 18 millones a través del Programa Mi Riego, del Ministerio de Agricultura para el financiamiento del “Proyecto Mejoramiento del Sistema de Riego Canal J Sector de Riego Llallimayo de la Provincia de Melgar”. Dicho proyecto beneficiará 3 mil 60 Pobladores de las comunidades Huacauta, Huamanruru del distrito de Macarí.

El 27 de junio del año 2007, la unidad de infraestructura, desarrollo urbano y rural de la municipalidad de Macarí aprobó el perfil del proyecto construcción del sistema de riego por aspersión presurizado por gravedad comité de regantes PFAUSI – JATUN SAYNA, distrito de Macarí – Melgar – Puno, con presupuesto de 714.624 soles.

## **1.4 OBJETIVOS.**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL.**

Habilitar áreas de terrenos para incorporar a la agricultura en la comunidad de Pfausi – Jatun Sayna del distrito de Macari con fines de riego.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Determinar el costo que demanda la habilitación de terrenos que van a ser incorporados a una agricultura bajo riego tecnificado.
- Determinar el tiempo que demanda la habilitación de terrenos que van a ser incorporados a una agricultura bajo riego tecnificado.

## **1.5 HIPÓTESIS**

### **1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL.**

- Mediante la habilitación de áreas de terreno, es posible la incorporación de agricultura para el desarrollo económico y social de la comunidad de Pfausi – Jatun Sayna del distrito de Macarí.

### **1.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.**

- Determinando un costo adecuado, se logra que la comunidad de Pfausi – Jatun Sayna habilite sus terrenos para poder incorporarlos a la agricultura y así obtener mejor eficiencia de riego.
- Optimizando los trabajos con maquinaria y mano comunal, se reduce el tiempo que toma la habilitación de terrenos y con ello se incrementa la posibilidad de seguir habilitando terrenos.

## **CAPITULO II: REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 USO INTENSIVO DE AGRICULTURA BAJO RIEGO**

#### **2.1.1 AGRICULTURA BAJO RIEGO**

Millar(1992), sostiene que la agricultura bajo riego se pueden mencionar que, entre los impactos ambientales de mayor ocurrencia e importancia en las áreas regadas, se destacan los relacionados con las modificaciones físicas, químicos y biológicos de los suelos, los cambios ocurridos en las aguas superficiales y subterráneas, los impactos socio económicos, en la salud pública y los efectos sobre la flora y la fauna, (pág. 75).

##### **2.1.1.1 Definición de agricultura**

Como menciona el autor Navarro (1980), que la agricultura dio origen y sostiene con toda una civilización, nación y sistema económico. Su fortalecimiento y desarrollo ha resultado siempre en desarrollo económico y ha reflejado también el estado de desarrollo de las naciones. Históricamente ambos desarrollos tienden y sincronizados.

La agricultura surgió y progreso como una manera de asegurar el alimento humano.

El proceso de la agricultura o seguridad en la obtención de alimentos a sido marcado por dos aspectos sobresalientes. El primero es el control creciente sobre la naturaleza bajo los deseos del hombre. El segundo y consecuencia del primero, un aumento en la eficiencia de la mano de obra en consecución de alimentos, (pág. 42).

El autor Raeburn (1987), dice que la agricultura contribuye a la seguridad del suministro de alimentos a través de los aumentos de producción y por el comercio, tanto interior como exterior. El carácter biológico de la producción agrícola se opone a la obtención de corto plazo. La naturaleza dispersa de la agricultura comenta que las familias se proveen de una seguridad social para el desempleo, falta de tierra o del sub empleo, (pág. 58).

Como sostiene Santa (2003), que en agricultura es necesario conocer y controlar el contenido de agua en el suelo y su evolución temporal para una gestión adecuada de suelos y aguas, al influir en el estado hídrico de las plantas. Uno de los componentes principales de la programación de riesgos (cuando regar y cuánta agua hay que aplicar) es la determinación, o estimación en algunos casos, del contenido de agua de los suelos. Las medidas del contenido de agua en el suelo también permiten determinar la situación del frente de humedad, el patrón de extracción de agua por parte de las raíces. En estudios hidrológicos y meteorológicos también es necesario obtener estimaciones del contenido de agua en el suelo ya que es el principal componente del balance de agua. El contenido de agua en el suelo permite estimar otras propiedades del suelo relacionadas con el comportamiento mecánico como son la traficabilidad, la penetrabilidad, la consistencia, la plasticidad y la compactibilidad, (págs. 102, 103).

**TABLA Nº 01**

**IRROMETER LONGITUDES Y PROFUNDIDADES EN EL SUELO**

La siguiente información esta basada para suelos profundos y bien drenados. Es conveniente instalar los instrumentos más inclinados o a menor profundidad en suelos delgados o más ligeros. Con riego por goteo y para cultivos con raíces profundas se recomienda 30, 60 y 90 cm de profundidad.

	Instrumento Superficial (centimeters)	Instrumento Profundo (centimeters)	Tercer Instrumento Si Se Usa (centimeters)		Instrumento Superficial (centimeters)	Instrumento Profundo (centimeters)	Tercer Instrumento Si Se Usa (centimeters)
<b>FRUTICULTURA</b>				<b>CULTIVOS de HILERA</b>			
Almendra	60	120	180	Ajo	30	60	
Manzana	50	100	150	Lechuga	30		
Chavacano (Albaricoque)	60	120	180	Quingombó	45	90	
Aguacate/Palta	30	60	90	Cebolla	30		
Banana/Plátano	30	60		Chiriviá	45	90	
Cereza	60	120	150-180	Chícharos/Guisante	45	90	
Naranja/Limón y Toronja	45	90		Chile/Pimienta	40	75	
Palmera Datilera	60	120	150	Piña	40	75	
Uva	60	120	150	Papas	20	45	
Higo	45	90		Calabaza Común	45	90	120
Kiwi	45	90	120	Rábano	30		
Macadamia	30	60	90	Espinaca	30	60	
Aceituna	60	120	150	Calabacitas	40	75	
Papaya/Lechosa	30	60		Tomates	45	90	
Nuez	45	90	120	Nabo	45	90	
Durazno	45	90	150	Clavel	30 (10-15 cm PROFUNDO)		
Pera	45	90	120	Crisantemo	30 (10-15 cm PROFUNDO)		
Pistacho	60	120	150	<b>CULTIVOS de CAMPO</b>			
Ciruela	60	120	180	Alfalfa	45-60	90-120	150-180
Nuez de Nogal	60	120	180	Cebada	45	90	
<b>CULTIVOS de HILERA</b>				Trébol	30	60	
Alcachofa	45	90		Romolacha de Azúcar	45	90	
Espárrago	45-60	90-120		Acelga	30	60	
Frijol de Media Luna	45	90		Café	45-60	90-120	
Frijol	30	60		Maíz	45	90	
Remolacha	30-45	60-90		Sorgo	45	90	
Fresa	15	45		Algodón	45	90	120
Vaccinio	30	60		Granos	45	90	
Frambuesa	45	90		Tigro/Heno	45	90	120
Arándano Agrio	45	90		Pasto/Forage	20-40		60-75
Brécol/Brocoli	30	50		Soya	45	90	150
Repollo	30	50		Caña de Azúcar	45	90	
Melocotón/Cantaloupo	45	90		Girasol	60	120	150
Melón	45	90		Tabaco	45	90	
Sandiá	45	90	120	Té	30	60	
Zanahoria	30	60		Lúpulo	60	120	150
Coliflor	30	60		Hierbabuena	30	60	
Apio	25	50		Mostaza	45	90	
Pepino	45	90					
Berenjena	30	60					

FUENTE: Castillo G., E. (1996). *Hombres y agricultura*. Republica Dominicana



### **2.1.1.2 Contribución de la agricultura a la economía nacional**

Según Navarro (1980), dice que así como favorece la agricultura, además de alimentos empieza a proveer (liberar) también mano de obra. Esto mano de obra liberado es la que empieza a constituir los nuevos sectores de la economía. Cuando los otros sectores económicos y se forman, la agricultura es requerido para proveer y no sólo más alimentos de mano de obra sino que también capital para esos otros sectores operen. Ese capital viene dado primero en términos de materias primas y posteriormente también como capital financiero. Por ejemplo tributación directa a los agricultores, (pág. 84).

#### **Objetivos de la explotación agrícola familiar**

Como menciona el autor Marzocca (1997), que en general, se reconoce que el objetivo económico del productor agrícola familiar es maximizar alguna medida de bienestar familiar. Por lo tanto, la unidad económica pueden no coincidir con la explotación agrícola debido a que la familia participa en otras actividades, como el trabajo remunerado, la aparcería en otras comunidades agrícolas, la artesanía, etc. también puede ocurrir que la unidad decisoria no sea singular, por comprender a varios integrantes de la familia, (pág. 36).

## **2.1.2 SERIE DE RIEGO, CARACTERÍSTICAS Y MÉTODOS DE RIEGO**

### **2.1.2.1 Definición del riego**

Según el Boletín (1999), define al riego tecnificado como; la mejor la mejor herramienta que posee el agricultor para aumentar sus cosechas y los

sistemas de riego a presión lo describe como sigue, simula la lluvia en todos los aspectos con una importante excepción: esta lluvia simulada puede ser controlada tanto en el tiempo como en su intensidad, (pág. 56).

Según el autor Gurovich (1985), define al riego agrícola como una de las prácticas más antiguas utilizadas por el hombre para producir sus alimentos, (pág. 21).

Como define Leiton (1983) al riego como la aplicación artificial de agua para suplir al suelo la humedad requerida por las plantas de cultivo. Esta práctica deberá aplicarse donde quiera que la lluvia no satisfaga las exigencias del cultivo, (pág. 68).

Como sostiene Castillo (1996), dice que es riego o el arte de regar, inundar o mojar la tierra, bajo diferentes mecanismos, se ha considerado en el medio nuestro, el riego complementario, es decir para complementar la escasez de lluvias en la estación lluviosa en cultivos de alta demanda de agua o como se ha estado tratando de impulsar hace un par de años con cultivos de verano, o en la estación seca, con fines de exportación. Para que sea económicamente factibles y con un margen de rentabilidad y utilidad, de beneficio costo óptimo, es necesario una explotación intensiva con más de dos cosechas anuales o por ciclo agrícola, alta tecnología, canales de crédito, comercialización, almacenamiento de mercadeo ágil, dinámica y flexible, (págs. 98, 99).

Según sostiene Chaves (1978), menciona que es la aplicación de agua al suelo para proporcionarle a las plantas la humedad necesaria y obtener su aprovechamiento agrícola racional. El uso del término aprovechamiento agrícola racional implica un concepto económico que debe seguirse, (pág. 106).

Según Poiree (1997), dice que el hombre ha visto muy pronto el interés que había en suministrar a las tierras que cultiva el agua complementaria, sin la cual ciertas plantas no podrían desarrollarse, o en todo caso alcanzar su crecimiento máximo, (pág. 38).

#### **2.1.2.2 Principios básicos del riego**

Según Díaz (2006), indica que para proyectar el sistema de riego en el predio, se requiere una abundante información básica. Parte de esta información puede estar disponible por los estudios realizados para analizar la factibilidad del proyecto y para proyectar las obras hidráulicas, tales como mapas topográficos y de suelos, y otro puede ser obtenido por vía de investigaciones más detalladas al nivel del predio, (pág. 79).

Vasquez (1992), dice que la puesta de riego de un predio puede incluir asimismo la instalación de la fuente de provisión de agua: como ocurre con las propiedades que dispone de su propia obra de toma de equipos de bombeo sobre el cauce: O un pozo profundo para extraer agua del subsuelo.

En tales casos, el no estar la propiedad en un sistema de riego, generalmente no se dispone de la información básica de apoyo para el planeamiento del riego, (págs. 145, 146).

### **2.1.2.3 La serie de riego o serie hídrica**

Según Blair (1957), comprende una extensión de terreno de características físico - topográficas y edáficas iguales o semejantes, como resultado de los estudios de topografía y suelo anteriores, que por presentar condiciones físicas externas del paisaje y fisicoquímicas internas del suelo y características homogéneas en cuanto a sus bondades y limitaciones, en relación a la aplicación del agua y al crecimiento y desarrollo de plantas, presentan condiciones iguales o muy similares de uso, manejo y conservación de aguas y suelos, como las características de sistematización de tierras, la aplicación de métodos y láminas de riego, etc., (pág. 175).

### **2.1.2.4 Producción bajo riego**

Según Millar (1992), dice que para obtener una adecuada producción bajo condiciones de riego, el primer requisito es disponer de agua suficiente para los cultivos y en el momento oportuno.

Existe una serie de factores complementarios que deben proveer, también, para obtener el éxito que se espera de la agricultura bajo riego. Entre otros, se incluyen los fertilizantes, semillas de buen potencial genético, maquinaria o implementos agrícolas adecuados y disponibles oportunamente,

facilidades de crédito y de comercialización de los productos, investigación aplicada, asistencia técnica continua y permanente, capacitación y organización de los agricultores, etc., (págs. 76, 77).

#### **2.1.2.5 Métodos de riego**

Leiton (1983), menciona que se refiere al procedimiento o sistema de aplicación del agua de riego al suelo, cuya determinación depende de muchos factores como la topografía del terreno y condiciones de Suelo (Serie de Riego), la disponibilidad de agua, los cultivos, el clima, la tenencia de tierra, el nivel cultural y técnico, el nivel socio-económico del agricultor, etc., (pág. 45).

Midien (1992), sostiene que el diseño de estos sistemas sigue una pauta común, y se observan muchas similitudes entre sistemas de riego de regiones del mundo muy separadas entre sí. Por este motivo, la siguiente descripción de las características de los esquemas de riego es de carácter general, y el lector interesado deberá remitirse para obtener más información sobre los principios generales de la ingeniería de riego, (pág. 168).

Según Blair (1957), dice que el objetivo de todo método de riego y distribuir el agua de riego en los campos de cultivo, de tal manera que el suelo pueda humedecerse uniformemente hasta la profundidad radicular efectiva del vegetal cultivado, en toda la extensión del campo que se riega. Todo método

de riego, por otra parte, debe permitir el control adecuado del agua acequias principales hasta el sistema radicular de cultivo, a fin de aplicar el agua necesaria en el momento oportuno, (pág. 146)

Existen varios métodos de riego. Que satisfacen una forma más o menos adecuada los requisitos anteriores. Estos métodos pueden clasificarse en la forma siguiente:

#### **2.1.2.6 Métodos superficiales**

Valverde (2007), dice que consiste en la aplicación del agua al suelo por medio de dispositivos o accesorios sifones (tubos acodados de poli vinil), o por medio de compuertas, que la extraen directamente de un canal regador o parcelario, en un caudal que debe ser mayor que la capacidad e infiltración del suelo, pero que no cause erosión y que provoque una buena distribución de la humedad en el suelo, (pág. 96)

Díaz (2006), dice que el riego por superficie, el agua escurre en pequeñas láminas, a través de pequeños cauces o surcos.

##### **a Inundación**

##### **a.a Desbordamiento**

Según menciona Leiton (1983), deduce que el método consiste en elevar el agua hasta el campo por medio de zanjas más o menos equidistantes que arrancan de una acequia de cabecera. Las zanjas pueden hacerse es siguiendo el contorno del terreno, el caso de la distancia ellas varía según la

configuración topográfica del terreno, o sirviendo pendiente, en cuyo caso pueden hacerse paralelas, (pág. 36)

Blair (1957), menciona que el riego por desbordamiento se adapta a cualquier tipo de suelo y al cultivo de pastos o de granos pequeños, y ofrece menos dificultades para el control del agua cuando las zanjas que hacen en contorno y cuando la pendiente máxima del terreno es menor que 1.2%.

Las limitaciones de este método de riego pueden resumirse en la forma siguiente:

- Baja eficiencia de aplicación y gasto excesivo de agua.
- Poca uniformidad en la distribución del agua.
- Costo elevado de operación porque requieren mucha mano de obra.

Cuando las zanjas se inician en el sentido de la pendiente, hay las siguientes limitaciones adicionales:

- Peligro de erosión.
- Problema de desagüe en las partes bajas del campo.
- Mayor dificultad para el control del agua.

#### a.b Platabandas o melgas con bordes

Como dice Leiton (1983), deduce que este método constituye una de las formas más eficientes de aplicar el agua de riego, cuando las condiciones de suelo, cultivo, caudal de agua disponible y topografía, no hacen posible, (pág. 34)

Según Blair (1957), menciona que el método consiste en dividir el terreno en cajas rectangulares por medio de bordes o caballones, paralelos y

equidistantes. El agua se aplica en la parte superior de estas fajas y por medio de cajas de aplicación o de sifones, desde las acequias de cabecera.

a.c Secciones grandes de inundación (pág. 102)

Según menciona Blair (1957), dice que este método se adapta muy bien los suelos muy permeables, en donde la aplicación lenta del agua causaría pérdidas considerables por percolación, o en los suelos muy pesados que requieren un tiempo considerable para la infiltración del agua. Se emplea en cultivos de pastos de cereales, pero es más frecuente ubicada en el único método empleado en cultivos de arroz, (pág. 108)

a.d Secciones pequeñas o tazas.

Como menciona Blair (1957), que este método es esencialmente igual el método anterior, diferenciándose de aquel en que las secciones delimitadas por los bordes son más pequeños. El método se usa principalmente el cultivo de frutales, haciendo una taza para cada árbol. En los terrenos más planos, cada taza puede contener tres o más árboles. Este método ofrece una alta eficiencia de aplicación, siendo altos su costo inicial y su costo de operación, (pág. 115)

b Surcos

Como sostiene Blair (1957), que en este método es uno de la más universalmente usada en los cultivos que se plantan en surcos y presenta también un uso frecuente en el riego de frutales. Los surcos usualmente se constituyen en el sentido de la inclinación del terreno con cuándo las pendientes no son excesivas, para evitar el desbordamiento lateral del agua y de ejercer un



mayor control sobre esta. Cuando las pendientes son muy pronunciadas, se emplean los surcos en contorno para evitar el peligro de erosión del suelo.

(pág. 121)

Según menciona Villón (1982), que para planear un sistema de riego por medio de surcos, deben tomarse en consideración la pendiente del terreno, las características físicas del suelo, el caudal del agua disponible en la clase de cosecha que va a cultivarse. Estos son los factores principales que determinan la longitud y el espaciamiento entre los surcos y el caudal máximo de agua que debe darse en cada punto para no causar erosión del suelo, (pág. 49)

### **Métodos subterráneos**

Según sostiene Blair (1957), que estos métodos consiste en aplicar el agua de riego de abajo hacia arriba, por capilaridad y sin humedecer casi la superficie del suelo. Son muy escasos las áreas en donde estos métodos pueden aplicarse con éxito, por cuanto se requieren condiciones especiales en cuanto a la textura y el perfil del suelo y en cuanto la posición de la tabla de agua, para hacerlos posibles. Tales condiciones pueden resumirse en la forma siguiente:

Suelos con buena permeabilidad, ligeros, que permiten un movimiento rápido del agua capilar. La presencia de un horizonte impermeable a poca profundidad, a fin de captar las pérdidas por percolación y para asegurar el movimiento lateral del agua.

Sistema efectivo de desagüe que evite la inundación eventual de los campos de cultivo, (pág. 132)

### **Métodos de aspersión**

Según Villón (1982), denomina el riego por aspersión como un método que consiste en aplicar agua a la superficie del terreno, rociándola a manera de una lluvia ordinaria. La aspersión es producida por el choque con el aire del flujo de agua que ale bajo presión a través de pequeños orificios o boquillas, (pág. 74)

Según afirma el autor Blair (1957), dice que es una técnica de riego en donde el agua se aplica en forma de lluvia por medio de unos aparatos de aspersión alimentados por agua a presión, (pág. 145)

Según Blair (1957), indica que el principio de operación en los sistemas de riego por aspersión se basa en convertir la energía de presión en energía de velocidad a la salida de la boquilla del aspersor en forma de chorro. A medida que dicho chorro de agua pasa sobre el terreno del campo este queda esparcido en forma de gotas de agua, las cuales que al reunirse con la resistencia del aire caen a la superficie del suelo, (pág. 151)

### **Método de goteo.**

Según Valverde (2007), menciona que el riego por goteo consiste en la aplicación de agua gota a gota a una presión casi nula, en el área radicular de la planta y en él, por medio de un sistema de mangueras que tiene

acoplados o insertos unos dispositivos llamados “goteras”, colocados a distancias relativamente cortas, (pág. 98)

Como afirma Thorne (1963) dice que la selección del método de riego más adecuado dependerá principalmente de los siguientes factores: la topografía, suelo, el cultivo, el gasto de agua disponible, el costo inicial de costo de operación del sistema, (pág. 91)

## **2.2 HABILITACIÓN DE TIERRAS O SUELOS PARA LA AGRICULTURA**

### **2.2.1 DEFINICIÓN DE TIERRAS O SUELOS**

Según Marzocca (1997), dice que la tierra, quienes de los recursos básicos de la agricultura de subsistencia, se puede considerar como el repositorio de los recursos físicos, químicos y biológicos de ocurrencia natural provista por la naturaleza y comprende la ubicación, el suelo, la vegetación, el clima y la tenencia de la tierra, (pág. 34)

Como afirma Marzocca (1997), la evaluación de la tierra y los servicios de la tierra en los presupuestos agrícolas es difícil debido a que los respectivos mercados suelen ser poco desarrollados y confiables además de complejos. Por una parte, los mercados inmobiliarios en los países en desarrollo no son muy activos por cuanto la tierra es escasa y los pobres tienden a retenerla por considerar que constituye el único medio seguro de subsistencia. Por otra parte, el mercado de los servicios de la tierra tiende a reflejar las instituciones de tenencia de la tierra a menudo complejas y las distorsiones

en los mercados de trabajo, razón por la cual las tasas de arrendamiento no necesariamente están vinculadas con el precio de la tierra con su productividad marginal, (pág. 52)

Winther (1985), sostiene que la tierra es también un bien con el cual se procura escapar a los efectos de la inflación, una fuente de poder político y una reserva prudente de riquezas, el uso de la tierra en operaciones agrícolas no necesariamente es un costo si significa utilizar los servicios gratuitos de un bien que de todos modos se poseería, (pág. 29)

## 2.2.2 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Según Blair (1957), dice que para el uso adecuado y eficiente del agua de riego resulta especialmente importante el estudio de aquellas propiedades físicas de los suelos que tienen relación con la aptitud de estos para retener el agua o para facilitar su movimiento, (pág. 44)

### 2.2.2.1 La textura

Blair (1957), considera que aun cuando las propiedades físicas del suelo es íntimamente relacionadas con su textura, no existe una relación directa entre las unas y las otras. Es sabido, por ejemplo, que mientras las finas son las partículas de suelo, mayor será la proporción de humedad que puede retener contra la fuerza de la gravedad y mayor en consecuencia su capacidad de retención de agua. Estas relaciones cualitativas, sin embargo no pueden expresarse en forma matemática, ya que el origen de los materiales, la forma de las partículas, le la edad del suelo, la acción de los agentes del

meteorizantes y en general todos los actores de formación del suelo, creando condiciones muy complejas, imposibles de describir por medio de una simple fórmula, (pág. 63)

#### **2.2.2.2 La estructura**

Blair (1957), manifiesta que la estructura de un suelo está definido por la forma en que se aprueban las partículas primarias que lo constituyen. Los suelos de gránulos uniformes tienen poros relativamente más grandes de aquellos constituidos por agregados de tamaño escalonado, (pág. 65)

Villón (1982), considera que la estructura tiene un efecto pronunciado sobre ciertas propiedades físicas del suelo tales como la erodabilidad, la porosidad, la permeabilidad, la filtración y la capacidad de retención de agua. Los suelos de textura fina, si son manejados en forma adecuada, adopta una estructura granular con en la que cada gránulos funciona como una partícula independiente, favoreciéndose así las propiedades físicas indicadas y la labranza de dichos suelos, (pág30)

#### **2.2.2.3 Gravedad específica**

Blair (1957), sustenta que la gravedad específica de una sustancia es la relación que existe entre el peso de una sustancia y el peso de un volumen igual de agua. En el suelo se distinguen dos gravedad específicas: la real, que considera el volumen absoluto de las partículas, y la aparente, que considera el peso de un volumen de suelo en su condición natural, dentro

del cual se incluyen por consiguiente los espacios porosos. Tanto una como otra, por ser relaciones de pesos, carecen de dimensión, (pág. 29)

Según Villón (1982), dice que la gravedad específica de los minerales que constituyen los suelos varía entre 2.5 y 5.0. Los compuestos principales son generalmente el cuarzo y los feldespatos, cuya gravedad específica es de 2.7; sin embargo, debido al contenido de materia orgánica en los suelos, la gravedad específica real de estos es corrientemente igual a 2.65. Cuando el contenido de materia orgánica es muy alto, este valor puede reducirse a 2.0 y excepcionalmente a 0.5, (pág. 60)

#### **2.2.2.4 Espacios porosos**

Para Blair (1957), los espacios porosos del suelo ocupan en promedio el 50% del volumen total de este y constituyen los pequeños depósitos donde se almacena el agua con los conductos por donde circula el agua y el aire.

En el estudio de los poros del suelo hay dos factores importantes a considerar: el tamaño de los poros, que tienen mucha relación con la permeabilidad y la receptividad de los suelos, (pág. 31)

García (1994), menciona que el volumen de una esfera de 1 cm de diámetro es de  $0,524 \text{ cm}^3$ , si la serie se coloca en una caja en forma de cubo, que tengan discapacidad  $1 \text{ cm}^3$ , el espacio de aire no ocupados serán  $0,476 \text{ cm}^3$ , poseen un 47,6% del volumen total. El mismo espacio de aire que carecen entre cualquier número de escenas de un diámetro cualquiera fije las coloca

en columna vertical. Si las bolas se disponen oblicuamente, el tanto por ciento de la diversidad de 25,9. Estas dos disposiciones de las buenas muestran que un cambio en la posición relativa de las partículas esféricas puede determinar una considerable variación del volumen de poros, pero no muestra el intervalo máximo de variación que puede tener lugar en el suelo, (pág. 35)

#### **2.2.2.5 El agua del suelo**

Blair (1957), considera que el agua del suelo puede presentarse en tres formas diferentes, según la naturaleza de las fuerzas que la retienen: el agua higroscópica, agua capilar y agua gravitacional.

El agua higroscópica es aquella que se queda retenidas en el suelo por fuerzas de absorción, cuyo valor está en equilibrio con la presión del vapor del aire. Por esta razón la cantidad de agua higroscópica presente que en el suelo dado variara con la humedad relativa y con la temperatura del ambiente.

El agua capilar es aquella que está por encima del agua higroscópica y que el suelos retienen debido a fuerzas de tensión superficial, contra la fuerza de gravedad.

El agua gravitacional es la que está por encima del agua capilar y que es susceptible de moverse en el suelo por la fuerza de la gravedad, (pág. 56)

#### **2.2.2.6 Infiltración**

García (1994), lo define como una propiedad de los suelos, de gran importancia para los regantes, es la velocidad con la que el agua percola o

se filtra por ellos. La velocidad de filtración es normalmente mucho mayor al principio de un riego o de lluvia por que varias horas después y está influida por las propiedades del suelo y por el gradiente de humedad, (pág. 34)

#### **2.2.2.7 Filtración del terreno no nivelado**

Según García (1994), dice que la velocidad de infiltración en terrenos cuya superficie no está nivelada depende de su configuración. En consecuencia, la forma superficial del terreno condiciona la velocidad de entrada del agua, por lo que a la hora de hablar de infiltración hay que tener en cuenta este particular, (pág. 40)

#### **2.2.3 NIVELACIÓN DE TIERRAS PARA RIEGO**

Según Blair (1957), dice que la nivelación de tierras, por otra parte, consiste en el emparejamiento de la misma a fin de evitar pozos o montículos con pendientes excesivas, para asegurar una distribución uniforme de las aguas de riego. Tanto una como otra operación, son en ocasiones muy costosas, por lo cual requiere un planeamiento adecuado.

La nivelación de las tierras permite una mejor distribución del agua de riego y asegurar un mejor control del agua de riego, lo cual se traduce en cosechas más uniforme, en menor costo de aplicación del agua, y en mayores rendimientos económicos. Para conseguir estos resultados, sin embargo, se requiere un planeamiento cuidadoso del trabajo de nivelación, para realizarlo solamente, cuando las condiciones locales lo justifiquen y cuando el costo



del movimiento de tierra no sobrepase las actividades adicionales que puedan derivarse del mismo.

Usualmente los trabajos de nivelación de tierras para el riego implican un alto costo inicial, pero en muchas ocasiones este costo de América rápidamente con los provechos adicionales que se obtienen, si el trabajo ha sido cuidadosamente planeado y ejecutado, (págs. 149,150,151)

### **2.2.3.1 Limitaciones de la nivelación**

Según Blair (1957), dice que prácticamente todas las tierras agrícolas bajo riego son susceptibles de mejorarse por medio de la nivelación, pero antes de iniciar un trabajo de esta naturaleza debe establecerse si las tierras son o no aptas para la aplicación del agua por métodos superficiales de riego, (págs. 156,157)

Existen condiciones especiales de suelo de topografía que hacen más deseable el empleo de este método de riego. Tales condiciones pueden resumirse en la forma siguiente:

- a Suelos con alto índice de infiltración donde la aplicación de agua por métodos superficiales se dificulta o se hacen posible debido al alto grado de infiltración del suelo.
- b Suelos de escasa profundidad, donde conste suministra a las superficies materiales impropios para el cultivo.
- c Buenos con una topografía accidentada, que sería excesivamente costoso el trabajo de nivelación.

- d Suelos con pendientes excesivas, mayor es del 10%, donde la magnitud de los cortes producirían condiciones impropias para la agricultura y costos muy elevados para el movimiento de tierras.
- e Una marca de agua demasiado alto podría crear problemas de desagüe.
- f La disponibilidad de un cantante agua muy escaso.

### 2.2.3.2 Áreas y tipos de nivelación

#### Áreas de nivelación

Según Salas (1995), dice que son extensiones de terreno que corresponden a las unidades operativas del proceso de nivelación de tierras, definidas por las delimitaciones de las Series y Parcelas de Riego y las posibilidades operativas de los equipos mecánicos de nivelación o movimiento de tierras. Estas unidades operativas coinciden generalmente con las Parcelas de Riego y/o con las Series de Riego, (pág. 13)

#### Delimitación de áreas de nivelación

Según menciona Salas (1995), comprende el mapeo de las unidades operativas de nivelación, las que son extensiones de terreno de características topográficas y edáficas iguales o similares (Serie de Riego), que presentan requerimientos de nivelación de magnitud y características iguales o similares, considerando dentro de esto último que las direcciones y sentidos de las pendientes de nivelación y de riego de dichas unidades sean las mismas en cada caso, (pág. 15)

Según Leiton (1983), dice que la delimitación de las unidades operativas se realiza sobre planos altimétricos levantados para el efecto o pre-existentes, cuyas escalas dependen de la extensión y relieve del terreno, variando entre 1/500 a 1/5000, y a curvas de nivel a equidistancias de 0,25 a 1,00 m. Por ejemplo, en terrenos pequeños y accidentados se requieren escalas de 1/500 a 1/1000 y equidistancias de 0,25 a 0,50 m. mientras que para terrenos grandes y relieve homogéneo se requieren escalas de 1/2000 a 1/5000 y equidistancias de 0.50 a 1.00 m, (pág. 39)

### **Tipos de nivelación**

Blair (1957), manifiesta que aun cuando resulta un poco difícil establecer una clasificación de los trabajos de nivelación de tierras para el riego, debido a las variables condiciones que pueden prestarse en la práctica se han propuesto seis categorías o clases de nivelación según la magnitud de los cortes y según la forma que se dé el relieve de los campos, (pág. 58)

Según Salas (1995) comprende la magnitud de la nivelación o del movimiento de tierras a realizarse en las unidades operativas de nivelación, luego del análisis de las características de topografía, suelo, método de riego y otros aspectos conexos, conducentes a la obtención de áreas de relieve plano y pendiente uniforme.

Se presentan hasta 5 tipos o clases de nivelación, según la magnitud del allanamiento:

a) Clase 1: Nivelación muy ligera

Comprende las acciones de nivelación muy pequeñas, con cortes y rellenos de 0 a 0.15 m. Los costos operativos de este sistema son nada significativos.

b) Clase 2: Nivelación ligera

Comprende trabajos de nivelación pequeños, con cortes y rellenos de 0 a 0,30 m., con movimientos de tierras en una sola dirección generalmente. Los costos operativos son bajos.

c) Clase 3: Nivelación Moderada

Incluye trabajos de nivelación regulares en magnitud, con cortes y rellenos de 0 a 0,50 m., con movimientos de tierras hasta en 2 direcciones, longitudinal y transversal. Los costos operativos se consideran moderados a algo costosos.

d) Clase 4: Nivelación pesada

Comprende trabajos de nivelación de magnitud grande, con cortes y rellenos de 0 a 0,80 m. y movimientos de tierra hasta en 2 direcciones de nivelación. Los costos operativos son altos y se justifican solamente para la producción de cultivos muy rentables.

e) Clase 5: Nivelación muy pesada

Corresponde a los trabajos de nivelación de magnitud muy grandes, con cortes y rellenos mayores a 0,80 m en gran parte del terreno. Los costos operativos son muy altos y se consideran impracticables para la producción agropecuaria, excepto para fines constructivos.

(págs. 13,14)

### 2.2.3.3 Factores que se consideran antes de la nivelación

Según James (1974), sostiene que la irrigación superficial requiere tierra nivelada en la que el agua pueda correr libre y uniformemente sin que cause erosión, antes de empezar los trabajos de nivelación para ese tipo de riego, tiene que encontrar la respuesta a estas preguntas:

- a) Es su terreno apropiado para el riego Superficial?
- b). Qué método de riego debe usarse?

Respuesta al inciso a) Existen siete grupos generales de circunstancias o condiciones que hacen el riego superficial inadecuado y costoso:

#### **Suelos excesivamente permeables**

Suelos arenosos o gravosos y suelos con altos contenidos de materia orgánica, son caracterizados por la alta velocidad de infiltración que poseen. Suelos que usualmente absorben agua muy a-prisa al principio y al final bajan, su proporción. Si al final el agua penetra en el terreno con una velocidad que exceda los ocho cms. por hora o menos en algunos casos, puede darse por seguro que el riego superficial es excesivo y puede acarrear problemas de drenaje o salinidad por el excesivo uso de agua requerido para irrigar. Por lo tanto y a menos que se encuentre una forma económica de hacerlo en "un caso particular, es un error tratar de nivelar para regar superficialmente esta clase de tierras.

**Insuficiente profundidad del suelo**

Un suelo superficial o de poca profundidad puede ser arable,- irrigable y no tener la suficiente profundidad que permite hacer los movimientos de tierra necesarios para su nivelación. Este es el caso de tierras que. Para nivelarlas requieren cortes mayores que la profundidad del suelo y se descubren así horizontes distintos que son impropios para la agricultura, desde diferentes puntos de vista.

**Topografía accidentada**

La topografía del terreno es un factor predominante en la resultante de los costos de nivelación de tierras, terrenos con Topografía accidentada que requieren hacer movimientos de tierras en más de 1520 a 1,900 metros cúbicos por Ha. Para su nivelación, ordinariamente se consideran que no es recomendable su nivelación.

**Pendientes fuertes**

Las limitaciones en las pendientes son necesarias para un adecuado control del agua del riego. En pendientes fuertes los canales de riego son fuertemente erosionados, además cuando la pendiente es fuerte es más difícil humedecer rápidamente el suelo sin dejar correr un tiempo excesivo el agua, que se traduce en desperdicios de agua o coleos muy abundantes. Este caso se presenta típicamente en el sistema de surcos,

cuando su longitud es corta. Los declives específicos para los distintos métodos de riegos superficiales se dan en la tabla de las siguientes páginas.

### **Carencia de drenaje**

La dificultad para resolver el problema del drenaje ha excluido hace algún tiempo el uso de los riegos superficiales y la necesidad de nivelación en las tierras. Un ejemplo de estas condiciones se da en los valles planos y de poca pendiente, que tienen el nivel freático muy alto. Los cultivos en estas condiciones deben recibir el agua cuidadosamente te graduada, evitando se eleve la superficie de la tabla. Esto es imposible con los riegos superficiales y por ello la nivelación de tierras no es aconsejable en estos casos.

### **Superficie inestable del suelo**

Debajo de algunos suelos o condiciones de perfil del suelo, se producen resumideros que ocasionan tan grandes pérdidas de agua y tierra que el riego se hace prohibitivo. El riego se trastorna corriendo el agua por los resumideros, eccemas, tuseros y se pierden el agua y el suelo en el subsuelo. La solución ideal para estos casos es usar líneas de tubería en lugar de canales y riego aéreo en lugar de superficial. Sin estas condiciones la nivelación de tierras no tiene objeto. Pequeños volúmenes de agua Se dispone de pequeños volúmenes de agua para riego superficial, las pérdidas son tan grandes en la cabecera, que el riego no resulta eficiente y es recomendable usar mejor el sistema de riego aéreo o de aspersión.

### **Elección del método de riego**

Hay cuando menos once (11) diferentes métodos o formas de riegos superficiales que se relacionan con la nivelación de tierras.

(págs. 02,03)

#### **2.2.3.4 Medidas que deben tomarse para la nivelación de tierras**

Según James (1974), dice que después de que usted haya decidido que en su predio es factible y económico el riego superficial y haya escogido el método de riego que deberá usar, ha llegado el tiempo de preparar la tierra para su nivelación. En este punto tiene tres alternativas:

- 1 Usted puede contratar a un Ingeniero para que le haga el trabajo topográfico y los cálculos de movimiento de tierra y a un contratista para que le ejecute la obra calculada.
- 2 Usted puede contratar a una compañía que se encargue de realizar todo el trabajo completo.
- 3 Usted puede hacer todo o parte del trabajo.
- 4 Hay buenas razones para preferir la primera alternativa. Los levantamientos topográficos minuciosos, los cálculos necesarios en todo el proceso de la operación, los altos costos del equipo especializado y la habilidad necesaria para operar eficientemente, hacen difícil que el propio agricultor ejecute todo el trabajo, más aún cuando no tiene experiencia en esta clase de trabajos.



- 5 Si usted se arregla con un solo contratista que maneje tanto la parte técnica como los movimientos de tierra, usted lo pone en una situación ventajosa para él, pudiendo proyectar un trabajo más grande de lo necesario que por fallas en la vigilancia de una ejecución apropiada se lo pueda terminar incorrecto, fuera de los límites de la tolerancia aceptable.
- 6 Si usted contrata Ingenieros y Contratistas para hacer el trabajo de nivelación de sus tiernas, puede estar seguro que la obra está puesta en manos capaces y que el plan a seguir es el adecuado y equitativo. En general, usted tiene la mejor oportunidad de que el trabajo se haga de acuerdo con sus condiciones y pueda contratar separadamente los trabajos técnicos y los relativos a los movimientos de volúmenes de tierra. Esta circular en los capítulos siguientes ilustrará a usted sobre los trabajos relativos y el contenido de los contratos.

### **Selección del tiempo para realizar los trabajos**

Según James (1974), es antieconómico y perjudicial para el suelo operar equipo para movimiento de tierra durante tiempo húmedo o en tierra lodosa. Usted dispone dentro del año, de tiempo seco suficientemente largo para realizar sus trabajos y los debe planear de tal manera que los termine oportunamente. Frecuentemente el trabajo se retrasa porque tanto la maquinaria como los operadores se ocupan en otros trabajos del campo.

Dependiendo de la profundidad de los cortes, de la distancia de los acarreos y del equipo utilizado, un operador con experiencia puede nivelar de 0.405 Ha. a 3.238 Hectáreas por día. Si hay más tierra que la que se pueda nivelar en el período seco, es recomendable poner a trabajar el equipo adicional o dejar parte del terreno para nivelar en la próxima temporada.

### **Limpieza de la tierra**

Según James (1974), es condición indispensable antes de proceder a los trabajos de nivelación de la tierra, que se encuentre limpia de toda vegetación silvestre o restos de cultivos anteriores.

### **Trabajos topográficos**

Según James (1974), los trabajos de nivelación de tierra se inician con el levantamiento de un plano topográfico. Antes de hacer estos trabajos se debe poner a un operador experimentado para que a ojo corrija en el terreno las irregularidades topográficas que se ofrecen a la vista, como pequeñas lomas o duras zanjas etc., y a continuación se barbecha y se da un paso o dos del Land Plane.

### **Estacado del terreno**

Según James (1974), sostiene que se estaca con el objeto de obtener las elevaciones relativas del terreno original en puntos convenientemente

localizados para determinar finalmente la profundidad de cortes y rellenos, se procede a marcar con estacas el terreno en la forma que se indica en el modelo anexo. Si dos lados adyacentes del campo son rectos y forman un ángulo de  $90^\circ$  como es el caso ilustrado, el problema de estacado es relativamente simple. Cuando los límites del campo son irregulares, se procede a trazar dos líneas adyacentes rectas lo más cerca posible de los límites irregulares del área. Estos dos lados adyacentes sirven de base para el estacado. Las estacas se colocan a lo largo de líneas espaciadas regularmente y paralelas a las líneas base (30 mts es la distancia usual a que se colocan las estacas y entre líneas formando una cuadrícula de estas medidas).

La cuadrícula debe formarse de cuadrilátero que puede ser cualquier paralelogramo equilátero que se ajuste a la forma del terreno. Si el patrón no es rectangular, es necesario para propósitos de cálculo, medir y anotar el ángulo entre las dos línea base.

Los detalles que comprende el estacado de un campo después de haber sido trazadas las líneas base, son como sigue. E usan estacas de madera de 1 cm x 4.5 cms x 0.20 cm, estas deberán tener punta y se clavarán en el terreno lo suficiente para asegurarlas contra vientos fuertes, de acuerdo con la figura N°1, la primera estaca se abandera y se coloca permanentemente en "A", 15 metros, o sea media distancia de estación hacia adentro del lote para nivelar de ambas líneas base. Estacas con bandera son puestas provisionalmente en B y D. Partiendo de A, en dirección a B y D. Partiendo

de "A" en dirección a B, se mide la distancia A-B y se estaca permanentemente cada 30 m poniendo banderas cada 120 mts. (O sea cada 4 estaciones). La estaca en B se corre sobre el mismo alineamiento hacia la última estación de 30 mts que puede quedar poco atrás o poco adelante, y se coloca permanentemente. La distancia de A a D se mide, estaca y abandera en la misma forma que A-B. La línea D C (o si más conviene la B-C) se mide de una longitud igual y aproximadamente paralela a la línea A-B y se estaca y abandera provisionalmente para que corresponda con la línea A-B. La línea entre B y C y las paralelas a ellas marcadas con banderas sobre la línea A-B son medidas, estacadas y abandonadas. Al mismo tiempo las estacas con banderas que fueron puestas en C y a cada cuatro estaciones a lo largo de D-C, son resituadas a la última estación de 30 mts. sobre estas líneas. Las líneas de bandera a lo largo de A-D, fijadas per los puntos correspondientes sobre B-C son similarmente medidas, estacadas y abandonadas. Con esta doble medida ya se tienen suficientes puntos debidamente situados para estacar el resto o sea los que no tienen bandera, a simple vista, cuando el lote es irregular y queden fracciones de terreno fuera del paralelogramo trazado, se prolonga la cuadrícula en la misma forma hacia esas áreas, para la fácil identificación de las estacas, se numeran líneas de las estacas en una dirección y se señalan con letras en la otra, poniendo a cada estaca su letra y número correspondiente si el agricultor quiere evitarse el trabajo del estacado, puede encomendárselo a un topógrafo que fácilmente con su teodolito hará el trazo debidamente, (págs. 07, 08).

### **Levantamiento de la topografía**

Según James (1974), manifiesta que si usted no ha tenido experiencia en topografía, encontrará dificultad en comprender la explicación relativa, usted debe comprender que a menos de que el levantamiento topográfico sea puesto en manos competentes la inversión aproximada de (6,500 a 10,500 soles por Ha.) que representa la nivelación de sus tierras, es muy arriesgada. Siendo la topografía del terreno la base de todo el trabajo, se recomienda, el uso de un nivel fijo o de ingeniero para determinar las cotas o elevaciones relativas de los- puntos del terreno para hacerla figurar en el plano respectivo, (pág. 10)

#### a) Lectura de la mira

Según James (1974), las elevaciones de la superficie del terreno se obtienen con un nivel de ingeniero como se ilustra en la figura N° 2, A y B. Cuando el instrumento está propiamente nivelado, todos los puntos que corta el plano marcado por la línea horizontal de la retícula están al mismo nivel o elevación. La Mira es usada para medir la distancia vertical que hay en cada estaca, de la superficie del suelo al plano que marca la línea horizontal de la retícula, a esta medición se le llama lectura de la Mira. Diferencias en las lecturas de Mira denotan cambios en la elevación del terreno. Algunos ingenieros simplemente anotan las lecturas de Mira y las refieren a un punto permanente llamado Banco de Nivel o B.M.. Las lecturas se inician con el B.M. y de allí se pasa a leer el de Mira en cada esquina de la cuadrícula, tomando en cuenta que las elevaciones aumentan cuando las lecturas decrecen y viceversa. Otros ingenieros, inician la nivelación obteniendo una

lectura de Mira sobre un Banco de Nivel al que se le da una elevación arbitraria que en el caso de la figura es 100 agregan la lectura de Mira a dicha elevación para obtener la altura de la retícula del instrumento y después restan las lecturas de Mira de la altura de la retícula para obtener la elevación o cotas de la superficie del terreno en cada estaca. En este caso las elevaciones o cotas, así como las lecturas de Mira son anotadas en los puntos correspondientes sobre el plano Base, (pág. 11).

b) Cambios de estación del aparato

Segun Bengo (1995), una sola estación de instrumento o nivel es suficiente para obtener toda, la lectura de Mira en las 160 estacas de un lote de 16 Has., a 30 Mts, entre estacas., siempre y cuando:

- (1) La variación en la elevación no exceda al largo de la Mira.
- (2) Que el viento no afecte la estabilidad del instrumento.

De otro modo para campos o lotes más grandes, o cuando se usa un nivel pequeño de agricultor, se hace necesario hacer cambios de estación para el aparato, arreglándose las para relacionar las nuevas lecturas de Mira con las anteriores. Para hacer esto se toma una lectura de Mira sobre un punto cualquiera de terreno antes de cambiar el instrumento y sobre cuyo punto se vuelva a obtener otra lectura en la nueva estación del aparato, (pág. 18).

Para James (1974) este punto es llamado punto de cambio y será de una naturaleza semi-permanente. Una estaca clavada a nivel del suelo y señalada con una estaca testigo para encontrarse fácilmente, puede servir

de punto de cambio. Si un lote de 64 Has, se está nivelando y una estación es suficiente para cada 16 Has., un solo punto de cambio en medio del campo puede ser suficiente para todo el levantamiento. Si el ingeniero está anotando solamente lectura de mira, él debe arreglárselas para instalar el instrumento con la misma altura que tenía en la estación anterior, o a una altura que difiera de la anterior una cantidad de metros exacta como un metro o dos que sea fácil de sumar o restar para relacionar las nuevas lecturas con las de la estación anterior, si el ingeniero está anotando elevaciones antes de hacer el cambio de estación del instrumento, necesita determinar de la manera descrita la elevación del punto de cambio. Ya en la nueva estación, el hace su primera lectura de mira sobre el Punto de Cambio, y de allí en adelante prosigue con los demás puntos en la misma forma que lo hizo en la primera estación. Este procedimiento está ilustrado gráficamente en la Figura N° 2, (b). La aproximación con que deben hacerse las lecturas de mira para obtener los desniveles del suelo debe ser de 1 cm y para el Punto de Cambio 3 milímetros, especialmente cuando la pendiente de terreno es de 0.2 % o menos. Cuando el estacado a 30 mts., no es suficiente para obtener la topografía del terreno con suficiente detalle se pueden tomar lecturas intermedias para determinar el grado de nivelación más conveniente en muchos casos esto reemplaza satisfactoriamente a un estacado con menor separación entre estacas, (pág. 13).

c) Lecturas de la mira en un campo recientemente cultivado

Las lecturas deben corresponder al nivel natural del terreno, frecuentemente se hace pasar un tractor a lo largo de cada línea de estacas con el fin de comprimir el suelo y las lecturas se toman sobre la huella del tractor lo más próximo a las estacas. Otra práctica consiste en comprimir el suelo con la propia Mira antes de tomar la lectura como una alternativa a estas prácticas, todas las lecturas de mira pueden ser aumentadas en una cantidad estimada igual al asentamiento que tendrá el suelo cuando recobre su peso específico original, (pág. 13).

d) Selección del lugar para hacer lectura de la mira

Con criterio y cuidado se debe seleccionar el lugar representativo para tomar las lecturas de Mira.

El estacado reclama exactitud en la alineación y espaciamiento de las estacas, pero no evita que queden colocadas en pequeñas irregularidades del terreno. Por esto las lecturas de Mira no se toman siempre exactamente en las estacas y no debe ser asumido siempre, que los cortes o rellenos requeridos para nivelación puedan ser medidos del suelo adyacente a las estacas, (pág. 14).

### 2.2.3.5 Topografía de nivelación

James (1974), manifiesta que comprende el levantamiento topográfico altimétrico de precisión del área que corresponde a una unidad operativa de nivelación del cual se realiza el análisis, proyección y diseño del trabajo de



nivelación. Dicho levantamiento debe ser a través de una red de cuadrículas por coordenadas, la planimetría y por nivelación diferencial, la altimetría.

**a. Establecimiento de direcciones y sentidos de las pendientes longitudinales y transversales de la nivelación**

Una vez establecida o establecidas las unidades operativas de nivelación, en cuanto a su forma, extensión, magnitud de movimiento de tierras, dirección y sentido de la pendiente del terreno, etc., se determinan las direcciones y sentidos de las pendientes longitudinal y transversal de nivelación del terreno, las que deben coincidir con las pendientes respectivas de la proyección del riego definidas según la ubicación y dominio de las fuentes de agua, acequias, etc.

**b. Ubicación de ejes coordenados**

Consiste en establecer y ubicar 2 ejes coordenados rectangulares hacia 2 lados contiguos y extremos de la unidad operativa de nivelación, haciendo que el eje coordenado abscisa coincida con la dirección longitudinal de la nivelación y el eje coordenado normal al anterior con la dirección transversal respectiva. Las magnitudes horizontales longitudinales y transversales se ubican en los ejes coordenados correspondientes con números y/o letras a partir del origen (0; 0), hacia la derecha y hacia abajo.

**c. Sistema de cuadrícula y estación**

A partir del punto de origen del sistema coordenado que se ubica hacia una de las esquinas del terreno a nivelar, se determinan puntos equidistantes sobre los ejes coordenados (Ejm. 10; 20; 25; 30 m.); y se ubican luego puntos

intermedios sobre los segmentos anteriores de ambos ejes y finalmente se trazan líneas paralelas a los ejes coordenados a partir de los puntos equidistantes e intermedios ubicados sobre éstos y se forma un sistema doble de red de cuadrículas conformadas por las líneas proyectadas desde los puntos anteriores, cuyas intersecciones primeras son los vértices o puntos de nivelación de cuadrículas que se estancan para la altimetría.

#### **d. Nivelación geométrica**

Consiste en la nivelación del terreno con nivel topográfico de precisión de los puntos o vértices del sistema de cuadrículas a partir de un punto BM conocido. Incluye el levantamiento del sistema de ejes coordenados.

#### **e. Dibujo cotado**

Se refiere a la representación gráfica o plano del área de nivelación con ubicación de los sistemas de ejes coordenados y de cuadrículas del levantamiento planimétrico y altimétrico a escalas convenientes, generalmente 1/500 a 1/2000, con ploteo de cotas de los puntos de nivelación, (pág. 16).

#### **2.2.3.6 Diseño de la nivelación**

Para James (1974) al diseñar la nivelación de un campo para riego se desean dar al terreno una pendiente predeterminado, según las condiciones del suelo, según el método de riego que vayan a emplearse y segunda clase de nivelación que se haya escogido porque sea posible, el objetivo del diseño es satisfacer los requisitos de pendientes necesarios produciendo el mínimo

movimiento de tierra y de manera tal que los cortes satisfagan los rellenos necesarios.

Para cumplir este objetivo hay varios métodos que pueden en la forma siguiente:

- 1 Método del centroide.
- 2 métodos de los perfiles simples.
- 3 Métodos de los perfiles dobles.
- 4 Método de las cuadrículas compensadas.

### **Método del centroide y de mínimos cuadrados**

Según James (1974), sostiene que el método del centroide es en realidad una derivación del método inicialmente adoptado a los trabajos de nivelación por Givan y posteriormente perfeccionado por Chugg, con el nombre del método de cuadrados mínimo y de los perfiles promedios. El método del centro y de es relativamente simple en su aplicación y tienen la ventaja adicional de ofrecer una solución directa del problema. No produce, como el método de los cuadrados mínimo, las pendientes que rinden el mínimo volumen de corte, sino que por el contrario conduce a obtener el mínimo volumen de corte para una pendiente preestablecida. En realidad en casi todos los problemas de nivelación para el riego, las pendientes necesarias se fijan previamente, en función del método de riego que se adopte y de las respectivas economías del trabajo de nivelación. Es por esto que el método del centro y le ha encontrado una amplia aceptación entre los ingenieros asociados con esta clase de trabajos, (pág. 42).

Salas Palma(1995)dice que el proceso del diseño de la nivelación de tierras presenta diversos procedimientos o métodos como son el método de perfiles, de cuadrículas compensadas, de pendientes promedio, del centroide y de mínimos cuadrados, etc. siendo este último el de mayor precisión y más adecuado, (pág. 19).

Según James (1974), el método del centroide y de mínimos cuadrados consiste en hacer pasar un plano imaginario, con pendientes longitudinal y transversal, por el centroide o centro geométrico del área de nivelación de cota media ponderada del terreno, produciendo volúmenes de Corte y Relleno iguales; en donde las pendientes longitudinal y transversal son determinadas por el procedimiento de mínimos cuadrados. Este método comprende los siguientes pasos:

#### **Localización del centroide**

El Centroides es el punto central geométrico o centro de gravedad del área de nivelación. Su localización fácil o dificultosa depende de la forma geométrica del área a nivelarse.

a. Centro de gravedad de figuras geométricas simples y regulares:

En áreas geométricas regulares y simples, como cuadrados y rectángulos, el centroide se ubica en la intersección de las diagonales. En triángulos, el centroide se ubica  $\frac{2}{3}$  de la mediana a partir del vértice respectivo.

b. Centro de gravedad total o centroide primigenio (c) de figuras geométricas irregulares:

En áreas geométricas irregulares, como trapecios, romboides, etc., el centroide se determina encontrando primero los centros de gravedad de figuras geométricas simples y regulares, como triángulos, cuadrados y rectángulos que conforman la figura irregular, calculando luego por momentos, el centroide general, en función de las áreas de las figuras simples y de las distancias coordenadas de los centros de gravedad parciales a un punto de origen común.

La coordenada del Centroide (C) es:

$$X_{c'} = \frac{X_1 N_1 + X_2 N_2 \dots + X_n N_n}{N_1 + N_2 \dots N_n}$$

Dónde:

$X_{c'}$  : Abscisa del Centroides primigenio (m).

$Y_{e'}$  : Ordenada del Centroides primigenio (m).

$X_1, X_2, X_n$  : Abscisas de los centros de gravedad de las figuras geométricas simples o parciales (m).

$Y_1, Y_2, Y_n$  : Ordenadas los centros de gravedad de las figuras geométricas simples o parciales (m).

$N_1, N_2, N_n$  : Número de cuadrículas de área ponderada de las figuras geométricas simples o parciales (Adim).

En áreas totalmente irregulares y sin forma geométrica definida, el centroide se determina por medio del cálculo integral, en forma analítica y exacta; y en

forma práctica y aproximada, recortando en cartón la forma geométrica del terreno, el cual se suspende de por lo menos 2 extremos diferentes con un alfiler, del mismo que también se suspende una plomada de hilo, cuyos alineamientos verticales se grafican en la superficie del cartón; quedando ubicado el centroide en el punto de intersección de las proyecciones verticales de la plomada, cuya localización se traslada al plano.

c. Centro de Gravedad Final o Centroides reubicado (C):

En áreas irregulares con levantamiento altimétrico con red de cuadrícula, el centroide debe ser ubicado sobre un punto de intersección de ejes o lados de cuadrícula o sobre un punto intermedio de un segmento de éstos; de no ocurrir ello, que es lo normal, se desplaza el punto obtenido o centroide primigenio (C) a la intersección o línea más cercana de los ejes o lados de cuadrícula; en caso de resultar ser el desplazamiento sobre segmentos de eje o línea de cuadrícula (lado de cuadrícula), éste debe hacerse al punto intermedio de uno ellos; constituyendo dicha posición el punto final de desplazamiento o el centroide reubicado (C).

### **Elevación del centroide primigenio**

La elevación o cota del centroide, se considera el promedio ponderado de las elevaciones o cotas de los puntos de cuadrículas, según las magnitudes de éstas. En otras palabras, la elevación del centroide es igual a la sumatoria de las cotas puntuales multiplicadas por las áreas de cuadrícula y dividida por la suma de áreas de cuadrícula.

- Ecuación General:

$$Hc' = \frac{h_1a_1 + h_2a_2 + h_3a_3 \dots h_n a_n}{a_1 + a_2 + a_3 \dots a_n} = \frac{\sum(h_i a_i)}{\sum a_i}$$

Ecuación para terreno regular, con cuadrículas completas; siendo  $a = 1$  ("a" se considera la unidad):

$$Hc' = \frac{h_1 + h_2 + h_3 \dots h_n}{N_t} = \frac{\sum h_i}{N_t}$$

Ecuación para terrenos irregulares, con cuadrículas completas e incompletas; siendo,  $a = 1$  y  $a =$  Fracción de la Unidad:

Se utiliza la ecuación general, en donde se reemplazan los valores de área de cuadrícula "a" por los números de ponderación de áreas de cuadrícula "n"; siendo  $n=1$ , para cuadrículas completas y,  $n =$  Fracción de unidad, para cuadrículas incompletas, en cuyo caso la ecuación es:

$$Hc' = \frac{h_1n_1 + h_2n_2 + h_3n_3 \dots h_n n_n}{n_1 + n_2 + n_3 \dots n_n} = \frac{\sum(h_i n_i)}{\sum n_i}$$

Ecuaciones en donde:

$h_1, h_2, h_3; h_n$  : Elevaciones de los puntos de intersección de ejes  
de cuadrículas (m)

$a_1; a_2; a_3; a_n$  : Áreas de cuadrícula ( $m^2$ )

$N_t$  : Número total de cuadrículas completas (adim).

$n_1, n_2, n_3, n_n$  : Números de ponderación de área de cuadrícula (Adim), en donde sus valores son:  $n - .1$ , y  $n < i$

### Pendientes de nivelación ( $S_1; S_t$ )

Se refiere a las pendientes longitudinal ( $S_l$ ) y transversal ( $S_t$ ) que deben tener el proyecto de nivelación y el terreno nivelado.

Hay 2 criterios o procedimientos de adopción de las pendientes:

#### b.1 Criterio de las Pendientes Promedio del Terreno.-

En caso que éstas se ajusten a los requerimientos de los métodos de riego preestablecidos, entonces los cortes y rellenos son los mínimos y las pendientes se calculan por Mínimos Cuadrados.

#### b.2 Criterio de las Pendientes Adoptadas según los Métodos de Riego a Aplicar.-

En este caso, las pendientes se asumen según el método o métodos de riego a utilizarse, siendo los Cortes y Rellenos mayores o grandes generalmente.

Para el primer caso, de pendientes calculadas por mínimos cuadrados, las ecuaciones son:

$$S_1 = \frac{N \sum X h_x - (\sum X)(\sum h_x)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$



$$S_t = \frac{N\sum Yhy - (\sum Y)(\sum hy)}{N\sum Y^2 - (\sum Y)^2}$$

Donde:

S1 : Pendiente longitudinal (m/m)

X : Distancias del origen a los puntos longitudinales. (m).

hx : Altura o cota promedio longitudinal (m).

N : Número de ejes transversales del perfil longitudinal o número par de variables observados (X; hx). (Adim.)

St : Pendiente transversal (m/m).

Y : Distancia del origen a los puntos transversales (m).

hy : Cota promedio transversal (m).

N : Número de ejes longitudinales del perfil transversal o número par de variables observados (Y; hy), (Adim.).

### **Elevación del centroide reubicado**

La ecuación de la elevación del centroide reubicado es:

$$H_c = H_c' \pm S_1X \pm S_tY$$

Donde:

Hc' : Elevación del centroide inicial o primigenio (m ó msnm)

He : Elevación del centroide final o reubicado (m ó msnm)

S1,St : Pendientes longitudinal y transversal.

X : Distancia longitudinal del centroide primigenio al centroide

reubicado. (m).

Y : Distancia transversal del centroide primigenio al centroide reubicado (m).

### **Elevación del plano proyecto primigenio (Hp')**

Se entiende por el plano proyecto o plano de nivelación, al plano imaginario uniforme que contiene o está definido por el centroide y 2 ejes o rectas normales entre sí que se interceptan en el punto anterior, y tienen pendientes definidas, la longitudinal y la transversal, que determinan en el terreno curvas de nivel rectas y paralelas y las elevaciones de los diferentes puntos de dicho plano presentan valores gradual y uniformemente superiores o inferiores con respecto a la cota del centroide.

La ecuación de la cota de cualquier punto del plano proyecto primigenio es:

$$H_p' = H_c \pm S_1X \pm S_tY$$

Donde:

H<sub>p'</sub>: Cota de cualquier punto del plano proyecto primigenio (m ó msnm).

H<sub>c</sub>: Cota del centroide reubicado o final (m ó msnm).

S<sub>1</sub>: Pendiente longitudinal (m/m).

S<sub>t</sub>: pendiente transversal (m/m).

X : Distancia longitudinal del centroide al punto (m).

Y : Distancia transversal del centroide al punto (m).

Los signos positivo (+) y negativo (-) de las ecuaciones se manejan de la siguiente forma:

Positivo (+): Si el punto, cuya cota se calcula queda ubicado hacia arriba, longitudinal o transversalmente, del centroide.

Negativo (-): Si el punto, cuya cota e calcula está ubicado hacia abajo del centroide, longitudinal o transversalmente.

## **Cortes y rellenos, volúmenes de movimientos de tierras y proporción**

### **Vc / Vr primigenia**

Estos aspectos se refieren a los cálculos de alturas de cortes y rellenos de los diferentes puntos del sistema de cuadrícula y de los volúmenes de movimiento de tierras de corte y relleno.

Las alturas de corte y relleno en un punto están dados por las diferencias positiva o negativa de la cota de terreno ( $H_t$ ) y cota de proyecto ( $H_p'$ ):

Corte (C):  $C = + (H_t - H_p')$ ; cuando  $H_t > H_p'$ .

Relleno (R):  $R = - (H_t - H_p')$ ; cuando  $H_t < H_p'$ .

El volumen total de corte ( $V_c$ ), es la última de los productos de las alturas de corte de cada punto de cuadrícula por el área respectiva de dicha cuadrícula que se considera la unidad para la mayor parte del área de corte y fracción de unidad para algunas cuadrículas marginales de corte.

El volumen total de relleno ( $V_r$ ), es similar a lo anterior, vale decir, es la suma de los productos de las alturas de relleno de cada punto de cuadrícula por el área de cuadrícula respectiva, que e considera la unidad para la mayor parte del área de relleno y como fracción de unidad para algunas cuadrículas incompletas y marginales de relleno.

Las ecuaciones son:

$$C = +(Ht - Hp')nc \quad Vc = \Sigma C.A$$

$$\left(p' = \frac{Vc}{Vr}\right)$$

$$R = -(Ht - Hp')nr \quad Vr = \Sigma R.A$$

Donde:

C : Altura de Corte ponderado en cada punto (m).

R : Altura de Relleno ponderado en c/punto (m).

nc ; Número de ponderación de área de cuadrícula de Corte en cada punto (Adim).

nr : Número de ponderación de área de cuadrícula de relleno en cada punto (Adim).

Vc : Volumen total de Corte (m3).

Vr : Volumen total de Relleno (m3).

$\Sigma C$  : Suma de alturas de Corte ponderado (m).

$\Sigma R$  : Suma de alturas de Relleno ponderado (m).

A : Área de cuadrícula completa (m2).

### Ajuste y comprobación del plano proyectado

La comprobación del plano proyectado está referida a la determinación adecuada o inadecuada de la ubicación de dicho plano en su magnitud altimétrica, comprobación que se efectúa a través de la comparación o relación de los volúmenes de Corte y Relleno, cuyos valores teóricamente deben ser iguales o semejantes a uno:  $Vc/Vr \sim 1$ ; pero en la práctica el

volumen de Corte debe ser mayor al volumen de Relleno o la relación  $V_c/V_r > 1$ , variando este valor entre 1.1 y 1,5, según la textura del suelo, para suelos arenosos o sueltos y para suelos arcillosos o pesados, respectivamente. Para suelos francos o medios la relación  $V_c/V_r = 1,30$ , se considera adecuada.

El reajuste del plano proyecto considera el cambio de altimetría de éste, vale decir bajar el plano proyecto para aumentar las alturas de Corte y disminuir las de Relleno o subir el plano proyecto para disminuir las alturas de Corte y aumentar las de Relleno, a fin de obtener una relación  $V_c/V_r$  más adecuada.

#### **Alturas de Ajuste del Plano Proyectado (hc:hr)**

La reubicación del plano proyecto se realiza a través del cálculo de alturas o tirantes adicionales de corte ( $h_c$ ) o de alturas adicionales de relleno ( $h_r$ ), las mismas que se realizan siguiendo los siguientes procedimientos:

Por Tanteos.- Se asumen pequeños tirantes de Corte o de Relleno, según sea el caso, los que se restan o suman, respectivamente, a las elevaciones o cotas de todos los puntos del plano proyecto ( $H_p$ ). Para luego realizar los cálculos posteriores de los volúmenes de Corte y Relleno y la relación de éstos. Se repiten estos cálculos con tirantes o alturas gradualmente mayores cada vez, por ejemplo, 1; 2; 3; 3.5; etc. cm., hasta obtener una relación  $V_c/V_r$  que se ajuste a lo previsto. Lógicamente, este procedimiento es laborioso y tedioso.

Por Ecuaciones de Alturas de Ajuste.- Se utilizan una serie de ecuaciones empíricas de cálculo directo de las alturas de ajuste, sean éstas para Corte

o Relleno adicionales. Las ecuaciones más importantes de este género han sido expuestas en la revisión de Literatura del presente trabajo.

Por las ecuaciones analíticas de altura de ajuste del plano proyecto.- Este procedimiento comprende el aspecto central del presente trabajo, en el que se proponen 2 ecuaciones de carácter analítico - matemática para estimar la Altura de Ajuste del Plano Proyecto bajo las denominaciones de:

Altura de Ajuste de Corte Adicional ( $h_c$ ); y Altura de Ajuste de Relleno Adicional ( $h_r$ ). La primera se utiliza para bajar la elevación del plano proyecto, con el consiguiente aumento del volumen de Corte y la disminución del volumen de Relleno; y la segunda se aplica para subir el plano proyecto, con reducción del volumen de Corte y aumento del volumen de Relleno.

Las ecuaciones son:

$$h_c = \frac{V_r P - V_c}{A(N_r P + N_c)}$$

$$h_r = \frac{V_c P - V_r P}{A(N_r P + N_c)}$$

En donde:

$h_c$ : Altura de ajuste de Corte adicional (m).

$h_r$ : Altura de ajuste de Relleno adicional (m.)

$V_c$ ; Volumen de Corte (m<sup>3</sup>).  $V_c = 2 C. A.$

$V_r$ : Volumen de Relleno (m<sup>3</sup>).  $V_r = 2R. A.$

$P$ : Proporción de la relación  $V_c/V_r$  necesaria o proyectada (Adm.)

SC: Suma de alturas de Corte ponderado (m).

SR: Suma de alturas de Relleno ponderado (m)

Nc: Número de cuadrículas de Corte ponderado (Adm.)

Nr: Número de cuadrículas de Relleno ponderado (Adm.)

A : Área de una cuadrícula de nivelación completa (m<sup>2</sup>).

P' : Proporción Vc/Vr primigenia (Adim.).

### **Ajuste de Elevaciones, Corles y Rellenos, Volúmenes de Movimiento de Tierras y Proporción Vc/Vr Proyectada.**

Ecuaciones de ajuste de elevaciones:

$$H_p = H_p' - h_c; \quad \text{ó}$$

$$H_p = H_p' + h_r.$$

Donde:

$H_p$  : Cotas de puntos del Plano Proyecto Ajustado (m.ó msnm).

$H_p'$  : Cotas de puntos del Plano Proyecto Primigenio (m. ó msnm).

$h_c, h_r$ : Alturas de ajuste de corte y relleno (m).

Los ajustes de cortes y rellenos, volúmenes de movimiento de tierras y de la proporción de Vc/Vr proyectada se calculan por los mismos procedimientos referidos en el ítem (3.2.2.3.-6).

#### **Elevación del Centroides Ajustado**

Por elevación del centroides ajustado, se considera a la cota o altitud del centroides reubicado ( $H_e$ ), menos la altura de ajuste de corte ( $h_c$ ), o más la altura de ajuste de relleno ( $h_r$ ).

Las ecuaciones:

$$H_{cp} = H_e - h_e; \quad \text{ó}$$

$$H_{cp} = H_e + h_r.$$

Donde:

$H_{cp}$  : Elevación o cota del centroide reubicado ajustado

(m. ó msnm).

$H_e$  : Elevación o cota del centroide reubicado (m. ó msnm).

$h_c; h_r$  : Alturas de ajuste de corte y de relleno (m).

### **Elevaciones de las Rasantes del Plano Proyectado Ajustado**

El terreno de nivelación presenta perfiles longitudinales y transversales y estas rasantes diversas y variables en altimetría que pertenecen todos al plano proyecto. Dentro de la multiplicidad de rasantes longitudinales y transversales, se consideran importantes y representativas a la rasante longitudinal media y a la rasante transversal media, las que no son sino 2 líneas normales entre sí que pasan por la parte central del plano proyecto, interceptándose en el centroide reubicado y ajustado.

- Cotas de Rasante del Perfil Longitudinal Medio.-

$$H_{px} = H_{cp} + S_l (X_c - X_p).$$

- Cotas de Rasante del Perfil Transversal Medio.-

$$H_{py} = H_{cp} + S_t (Y_e - Y_p).$$

Donde:

$H_{px}$ : Cotas o elevaciones de rasante del perfil longitudinal medio



del plano proyecto ajustado (m. ó msnm).

Hpy: Cotas o elevaciones de rasante del perfil transversal medio  
del plano proyecto ajustado (m. ó msnm).

Hcp : Elevación o cota del centroide reubicado ajustado (m.ó msnm).

SI : Pendiente de la rasante longitudinal (m/m).

St : Pendiente de la rasante transversal (m/m).

Xc : Distancia longitudinal del origen coordinado al centroide  
reubicado (m).

Xp : Distancia longitudinal del origen coordinado al punto de la  
rasante longitudinal (m).

Ye : Distancia transversal del origen coordinado al centroide  
reubicado (m).

Yp : Distancia transversal, del origen coordinado al punto de la  
rasante transversal (m).

(págs. 42-51).

### **Método de los perfiles simples**

Blair (1957), dice que este método consiste en tomar una serie de perfiles equidistantes del terreno, en cada uno de los cuales se proyecta una rasante con la pendiente deseada, en forma tal que los cortes y rellenos quedan balanceados. Cada uno de estos perfiles, se asume representativo de la faja de terreno que atraviesa. Las fajas tienen un ancho igual a la diferencia entre los perfiles. El procedimiento que debe seguirse para diseñar la nivelación se resume a continuación:

- a se toman perfiles paralelos al sentido del riego que se le dará al campo.  
Estos perfiles generalmente se trazan a lo largo de cada línea de estacas, de tal manera que en un terreno levantado con cuadrículas de 20 x 20 m, distancia entre los perfiles serán de 20 m.
- b Luego se trazan rasantes tentativas a lo largo de estos perfiles, procurando en cada caso que los cortes satisfagan los rellenos. La pendiente es el rasantes no tendrá que ser uniforme en toda su longitud, pero debe satisfacer los requisitos impuestos por los métodos de riego que se hayan adoptado.
- c Las cotas de estas rasantes son luego usadas para dibujar perfiles transversales a fin de verificar si la pendiente transversal del terreno satisface los requerimientos de la clase de nivelación y de los métodos de riego adoptado.
- d El trabajo se continúa a base de tanteos regresando al ítem “b” el caso de que la verificación realizada en el ítem “3” no sea satisfactorio.
- e Las diferencias de cotas entre los perfiles originales y sus correspondientes rasantes representan los cortes o rellenos necesarios.
- f La suma de los cortes en cada estación de 20 m, multiplicado por el área de una cuadrícula representa el volumen total de corte. Éste volumen debe ser entre un 10:30 por ciento superior que el volumen de relleno necesario.

Este método es un poco elaborado por razón de los tanteos necesarios, especialmente en terrenos irregulares y muy grandes. Tienen su mejor aplicación en terrenos de poca extensión y de topografía regular, (pág. 46).

### **Método de los perfiles dobles**

Según James.(1974) sostiene que este método es similar al anterior con la diferencia de que los perfiles longitudinales y transversales se ejecuten sobre el mismo plano, colocando a escala, sobre líneas inclinadas a 45°, en cada estación de la cota del terreno correspondiente. Se produce así un plano de relieve que representa las tres dimensiones del terreno-

El procedimiento a seguir en este método se explica a continuación:

- a sobre los perfiles transados como se indicó arriba, se trazan varias rasantes en ambas direcciones para estudiar las pendientes se mueven los que pueden darse el terreno y que encajen dentro de los límites establecidos por el método de riego que vaya a usarse.
- b Una vez que haya establecido en la dirección que habrá de darse al riego se procede a trazar rasantes tentativas en todos los perfiles en el sentido del riego y con la pendiente adecuada, procurando al mismo tiempo que las rasantes resultantes en el sentido transversal satisfagan los requisitos dependientes necesarios en este sentido.
- c Los cortes y los rellenos se miden a escala y se computan en la misma forma que se indicó del método anterior.

Este método, como el anterior, es bastante elaborado, aun cuando tiene la ventaja de presentar de manera muy aparente la configuración total del terreno, haciendo posible un estudio más claro del trabajo, (pág. 55 - 59).

Chaves (1978) dice que se basa en cortar el mínimo volumen de tierras para obtener un dependientes de riego preestablecidos partiendo de una cuota promedio denominada centroide. Es un método bastante utilizado por ser

práctico porque su cálculo de movimientos de tierra no es tan laborioso, (pág. 53).

### **Método de las cuadrículas compensadas**

Según James (1974), este método, que consiste en compensar el corte que se haga en cada cuadrícula con el relleno necesario en otra, se ejecuta en la forma siguiente:

- a Se hace un estudio longitudinal del plano topográfico, tratando de localizar las zonas altas que requieren corte y las zonas bajas que requieren relleno, y tratando también de definir la dirección más conveniente de riego.
- b Luego se indican sobre el plano, cortes tentativos en las cuadrículas altas y rellenos tentativos en las áreas bajas, balanceados con dichos cortes. Este es un proceso de tanteo que se completa cuando al verificar la nueva topografía dada al terreno, se obtienen las pendientes deseadas.
- c La suma de los cortes de cada cuadrícula, por el área de una cuadrícula, representa el volumen total de corte el cual debe ser un 10 a un 30% mayor que el volumen de relleno necesario, (pág. 52 - 54).

Chaves (1978) menciona que es un método utilizado en la nivelación de pequeñas áreas, consiste en compensar el corte de caja en una cuadrícula con el relleno de otra, no es un método práctico, (pág. 65).

### 2.2.3.7 Plano básico

Según James (1974), el plano básico sobre el cual se apuntan todos los datos de nivel, consiste de una hoja de papel milimétrico rayado en pequeños rectángulos de 1 milímetro que se monta sobre una tabla de tamaño apropiado y que sea maniobrable. Las tablas que se dibujen en este papel representan el modelo del estacado siendo los lados de las tablas el espacio entre las estacas y las esquinas la localización de las estacas. El trazado sobre este papel de los límites del área con respecto al estacado interior completa el plano básico del área en estudio. Toda la información topográfica es anotada en este plano. Todas las lecturas se anotan siempre en posición horizontal arriba y a la derecha del punto que en el plano representa la estaca en que fue tomada la lectura; excepto las lecturas de Mira tomadas en los puntos de cambio. En este último caso las lecturas se anotan en posición diagonal, en medio de la tabla más cercana al punto de cambio y alineada con la situación del instrumento. Los puntos de cambio pueden ser más tarde identificados escribiéndolos en un triángulo pequeño. Si se usan elevaciones o cotas se colocan en línea y a la izquierda de la correspondiente lectura de Mira. Después de hacer los cálculos para la nivelación de terreno, los cuales se explican después, los números que representan los cortes y rellenos se trasladan a este plano y se anotan debajo de la correspondiente lectura de Mira. La forma conveniente de llevar las anotaciones en el plano básico, cuando solamente se tomaron lecturas de Mira y cuando fueron tomadas lecturas de Mira y elevación, (pág. 14).

### 2.2.3.8 Curvas de nivel

James (1974), considera que para hacer más fácil la comprensión de los datos obtenidos en el estudio topográfico, se dibujan líneas uniando puntos de igual elevación. Estas líneas se denominan Curvas de Nivel. Por estas curvas puede apreciarse a simple vista donde hay lomas y donde hay bajos y su magnitud, y en qué dirección se encuentra la pendiente del terreno.

Es aconsejable tener el plano de las curvas de nivel, para así poder dividir una propiedad en lotes que puedan ser nivelados y regados individualmente de acuerdo con la mayor conveniencia.

Reglas que gobiernan el trazado e interpretación de las curvas de nivel:

- a Las curvas de nivel se determinan por un procedimiento de interpolación, basado en la suposición que la pendiente de la superficie del terreno es uniforme entre dos estacas adyacentes (Ver figura N°3).
- b La diferencia en elevación entre dos curvas sucesivas se llama Intervalo entre curvas.

**TABLA N° 02**  
**INTERVALOS RECOMENDADOS ENTRE CURVAS**

<b>Pendiente en Mts. por 100 metros</b>	<b>Intervalo entre curvas en cms.</b>
<b>0-1</b>	6 - 15
<b>1-2</b>	15-30
<b>2-5</b>	30-60
<b>5 - 10</b>	60 - 150

FUENTE: James, C. M. (1974). Nivelación de tierras para riego superficial.

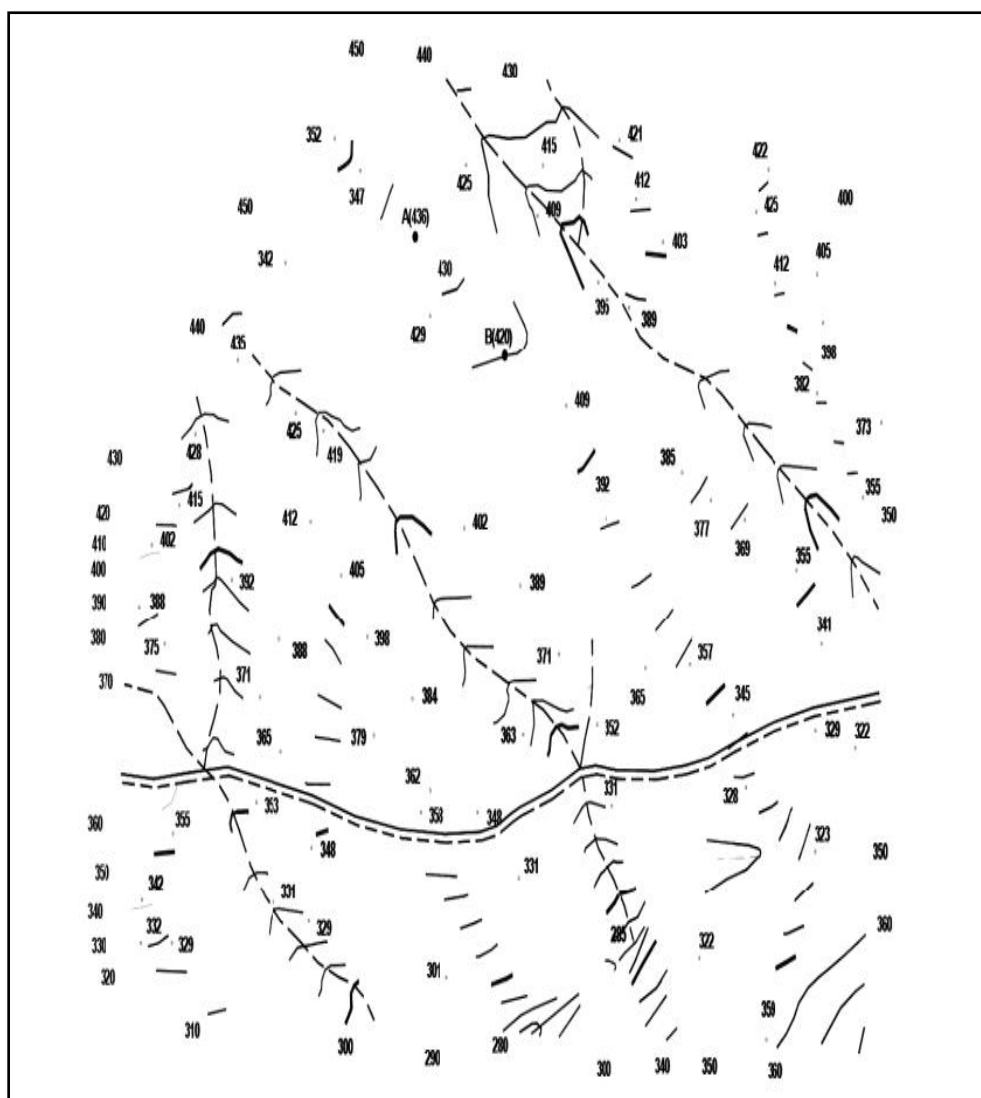
- c La pendiente a lo largo de una curva de nivel es cero, de aquí que, una curva de nivel, une puntos de igual elevación.
- d En las superficies niveladas o planas, las curvas de nivel resultan ser líneas rectas paralelas unas a las otras.
- e El área comprendida dentro de una curva de nivel cerrada, en una altura o una depresión.
- f Cuando una curva de nivel queda comprendida dentro de otras, necesariamente tiene que cerrarse sobre si misma y nunca puede consistir de una línea abierta.
- g Las curvas de nivel nunca coinciden ni se cruzan, excepto en algunos casos raros de acantilados y cuevas.
- h La pendiente máxima del terreno siempre es perpendicular a las curvas de nivel.

**Curvas de nivel muy cerradas indican fuertes pendientes, y muy separadas, pendiente suaves, (págs. 15, 16)**

Gonzales (2010), sostiene que las curvas de nivel se obtienen siempre a partir de un plano con puntos acotados, uniendo con un trazo continuo puntos con la misma cota. En el plano deberán figurar solo las curvas de nivel cuyas cotas sean múltiplo de la equidistancia del plano.

Como: que se toma en el campo y posteriormente se dibujaron en el papel responden a la necesidad de esquematizar el terreno, tendrán, casi siempre, cotas distintas de las que correspondan a las curvas de nivel que, con arreglo a la equidistancia, es preciso figuren en el plano. Será, por tanto, necesario

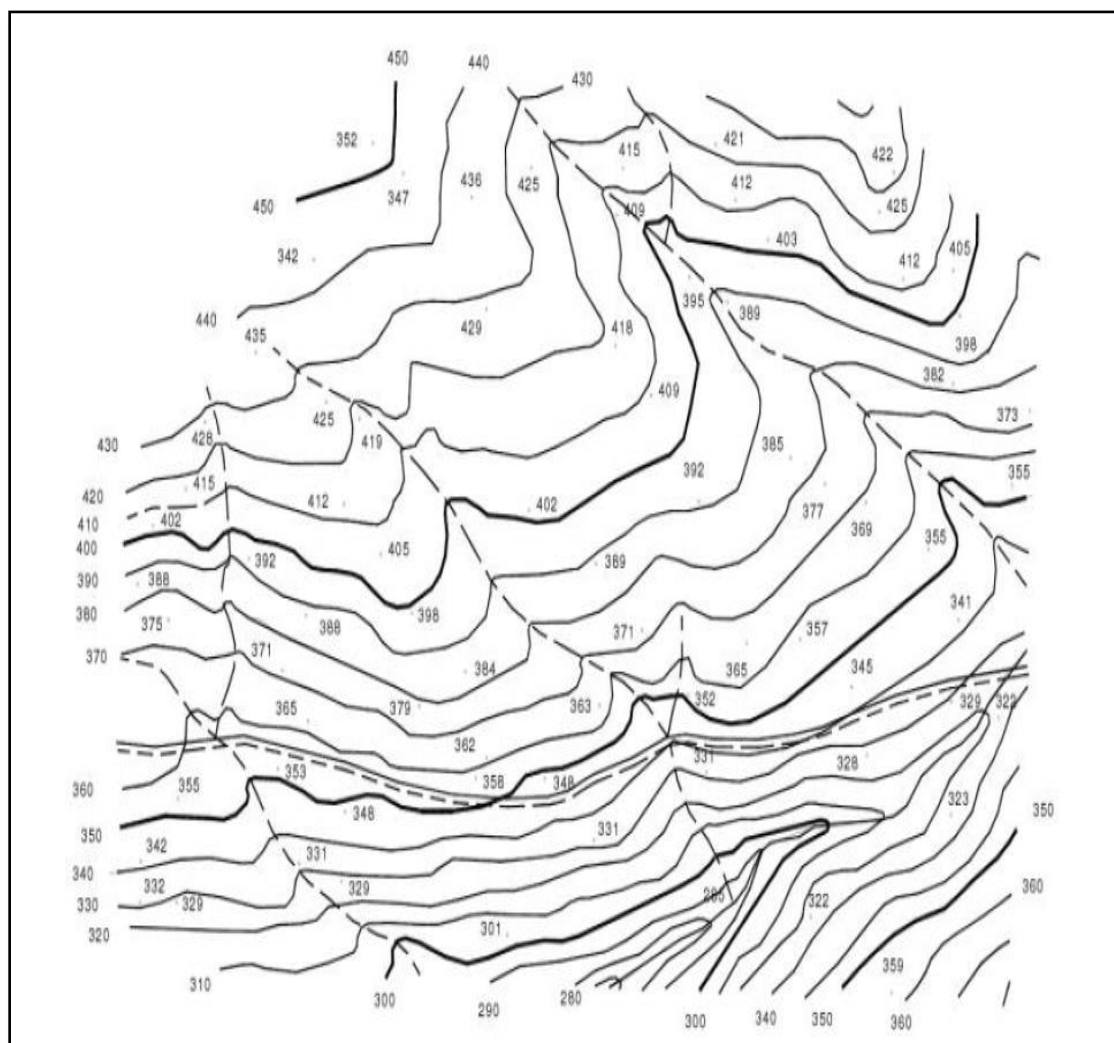
efectuar una interpolación gráfica para qué, apoyándose en las cotas conocidas ubicadas dos puntos contiguos, y con arreglo a la equidistancia, se puede determinar los puntos de paso de las curvas correspondientes. Una vez obtenidos todos los puntos de paso de las curvas de nivel, uniéndolos de igual cota se tendrá dibujada la curva. En las figuras siguientes, se muestra el proceso de dibujado partir de un plano con puntos acotados.



**FIGURA N° 01 PLANO CON PUNTOS ACOTADOS**

**FUENTE:** Gonzales C., A., (2010). Lecciones de topografía y replanteos.





**FIGURA N° 02 PLANO CON CURVAS DE NIVEL**  
FUENTE, Gonzales C., A., (2010). Lecciones de topografía y replanteos.

### **Selección de áreas para nivelar por separado**

James (1974) manifiesta que es un paso muy importante en algunos casos, es la división de una propiedad de acuerdo con las curvas de nivel en fracciones o lotes que pueden ser nivelados separadamente para mayor conveniencia y a un costo mínimo. En la Figura N°5 se ilustran, como puede dividirse un campo según su topografía para nivelar cada lote por separado.

- a Cuando cambia bruscamente la separación regular de las curvas de nivela indica que la pendiente igualmente ha tenido un cambio súbito. Es aconsejable trazar una línea divisoria donde principie el cambio de pendiente como en el caso de los lotes A y B, que se dividen por la línea a-b, donde se indica el cambio de pendiente.
- b Vueltas pronunciadas en curvas de nivel casi rectas, indican un cambio importante en la dirección de la máxima pendiente. Aun cuando una área pueda ser regada totalmente usando curvas de nivel o surcos a nivel, es recomendable separar esta área en lotes con pendiente en una sola dirección tal y como se ilustra en los lotes Gy D, cuya línea divisoria se trazó en c-d.
- c Curvas de nivel demasiado juntas o muy separadas, indican que el promedio del declive natural del terreno es demasiado fuerte o muy suave para ser satisfactorio para el riego, y el declive natural de terreno debe ser graduado a una menor o mayor pendiente. En tales casos se procura el menor movimiento de tierra cuidando que la longitud del lote nivelado en la dirección de los riegos sea la mínima para ser regados satisfactoriamente. Tal separación dentro del campo se muestra en los lotes E, F, G y H de la figura N°5.
- d Grandes irregularidades en la separación y dirección de las curvas de nivel pueden indicar que la topografía no es uniforme en toda la extensión y puede fallar al hacer una separación en los tablas del campo. Las áreas en tales condiciones deben nivelarse separadamente como unidades.

e Terrenos excesivamente irregulares, y/o con demasiada pendiente indica que solo pueden nivelarse a costos muy elevados y por esta razón deben ser desechados como no satisfactorios para que en ellos se practiquen el riego superficial, Al dividir la propiedad en los distintos lotes que indique la topografía original para llevar a cabo la nivelación en cada uno de ellos, debe procurarse que cada uno guarde la forma regular de rectángulos. Formas irregulares dificultan el negó y los cultivos y deben evitarse si es posible. También debe temarse medidas para la forma de hacer el drenaje superficial, (págs. 18,19).

### **Planeación de sistema de distribución del riego**

Según James (1974), es necesario que el proyecto y el plano de la localización de los canales de riego, línea de tubería y canales de desagüe superficial, se adapte convenientemente a las condiciones del terreno. En adición, si la tierra tiene poco declive o si se desea mantener un alto nivel del agua en los canales con respecto al terreno sin el uso de estructuras, se deben aprovisionar tierra adicional para la construcción de los canales, Un banco de préstamo localizado de antemano con anchura y altura propias sirve para este propósito. El volumen del relleno debe ser suficiente para formar los bordos del canal. Usualmente un relleno de 3 a 5 Mts., de ancho y de 30 a 45 cms de alto es suficiente. Los bancos de préstamo localizados de antemano y marcados para hacer el relleno con estacas colocadas a uno

y otro lado do los bancos de préstamo propuestos y a 30 Mts de distancia o intervalo, (pág. 20).

### **Cálculo de la nivelación**

Según James (1974), el nivel al que debe subirse o bajarse la superficie de la tierra en cada estaca de la cuadrícula, es llamado grado de nivelación. Muchos y diferentes métodos se usan para calcular el grado de la nivelación. Por el uso de cualquiera de estos métodos usted puede obtener una superficie nueva en su tierra con la cual regar perfectamente, pero uno nunca estará seguro si el costo será el mismo. Tomando en cuenta ambos, el costo y la conveniencia para la irrigación, las reglas para el cálculo de nivelación de tierras que se creen las mejores son las siguientes:

- a Considerar en primer lugar la posibilidad de nivelar cada uno de los lotes en que se divide el predio, con un grado de nivelación o plano rasante que requiera el mínimo de movimiento de tierra.
- b En el caso de que el plano rasante que requiere el mínimo movimiento de tierra sea inapropiado debido a su pendiente resultante, o a la elevación a que debe distribuirse el agua, adoptar un plano rasante lo más próximo posible al anterior y que llene los requisitos necesarios.

Si la nivelación en un solo plano es demasiado costosa, adherirse apretadamente a la topografía natural tanto como sea posible con un solo plano, mientras permanezca dentro de los límites permisibles de grado y variación de pendiente, (pág. 21).

### 2.2.3.9 Requerimiento de corte contra relleno

Según James (1974), dice que es el espesor de suelo que debe ser removido o agregado para hacer que la superficie original del suelo se modifique a un grado de nivelación prescrito, se nombra como corte o relleno, por ejemplo: Si la elevación de la superficie original, es 3 mts y el plano rasante prescrito da en ese mismo punto una elevación de 2.60 mts se requiere un corte de 0.40 mts.

Si las condiciones son intercambiadas así que la elevación antes y después de la nivelación sean 2.60 y 3 mts respectivamente, un relleno de 0.40 mts es requerido en vez de un corte de igual cantidad.

El volumen de corte es igual al área del corte multiplicado por el promedio de la profundidad del corte. De la misma manera el volumen del relleno es el producto del área por el promedio del espesor del relleno, (pág. 22).

### Volúmenes de corte y relleno

Según James (1974), es la experiencia en nivelación de suelos con equipo moderno para movimiento de tierras que un mayor volumen de corte que de relleno debe ser tomado en cuenta con el fin de proveer un volumen suficiente de corte para atender al volumen necesario de relleno. Esto encuentra aplicación en todos los suelos y condiciones de los mismos; así no puede necesariamente incluirse en el asentamiento de suelos recientemente cultivados o pérdidas de suelo por naturaleza como ya fue mencionado y la manera más exacta de apreciar las lecturas de Mira, (pág. 22)

Fuentes(1996), da una opinión común, frecuentemente expresada es que los rellenos hechos con equipo pesado son compactados en la extensión donde el volumen extra de corte es necesario para completarlos.

Parecería más lógico esperar compactación del suelo que queda en las áreas de corte, ya que ellas sufren el mayor tráfico del equipo de movimiento de tierra y además están expuestas a las fuerzas más grandes de compactación debido a la potencia extra que se usa mientras se cargan las ex crepas.

Es posible que tal desigual compactación es un factor que debe ser considerado en caso de necesitar subir el grado de humedad de la tierra.

Ninguna evidencia de tal efecto ha sido encontrada por el autor en suelos minerales secos.

Leiton (1983), dice que existe una tendencia de coronar ligeramente o sobre elevar la superficie del terreno entre cada dos estacas de la cuadrícula y que cargando y transportando ocurren pérdidas de suelo. Por la misma razón que en un pilar o columna del mismo diámetro en toda su longitud erróneamente aparece más delgado en la mitad que en cualquiera de sus extremos, el nivel de la superficie del terreno entre dos estacas de la cuadrícula aparece hundido en la parte media, al grado que los operadores del equipo para nivelar tierras permitan influenciar sus juicios con esa ilusión óptica, ocurrirá una sobre elevación entre las estacas de la cuadrícula. La importancia de éste factor, fue demostrado por los resultados obtenidos al chequear los niveles en una tierra recién nivelada en la vecindad de Davis. 75% a 90% de los puntos medios entre estacas, fueron encontrados estar 1.5 cms. o más

arriba del nivel prescrito mientras el resto de los medios puntos fueron encontrados en su nivel correcto, Es recomendable que las discrepancias menores usualmente son toleradas. (Nota.- No debe tolerarse discrepancias mayores de 3 cms., sobre los niveles prescritos, al ejecutarse una nivelación), (pág. 23).

### **Bases para las estimaciones**

Según James (1974), dice que es raramente posible estimar exactamente el volumen de corte que será requerido en una nivelación. Consecuentemente debe ser reconocido para todo lo concerniente, que los señalamientos o marcas de los grados de nivelación en el campo es algo tentativo y será sujeto a cambios después que el trabajo de nivelación se haya empezado.

Las siguientes observaciones en ejecuciones de nivelación, sugieren bases para hacer la estimación. Cuando las profundidades de los cortes son uniformes y solamente son unos 3 o 4 cms., se encuentra necesario tomar en cuenta más de un 100 % de corte que de relleno. Esta tolerancia grande de corte es indudablemente debido a la proporción relativamente grande que cualquier ocurrencia de compactación, sobre elevación, o desperdicio del suelo, representa para el volumen de corte.

Por ejemplo, si los cortes están abajo de 12 cms. de 70 a 100 % de corte de más, puede fácilmente ser usado.

En caso de que el suelo se componga principalmente de materia orgánica, tal como turba o humus, la experiencia nos señala que por lo menos se

necesita dos tantos de corte para proveer uno de relleno, aquí el mayor factor, fuera de duda, es la compactación, (pág. 23).

Fuentes (1996), considera que bajo las mismas condiciones el tipo y tamaño de la maquinaria usada debe ser considerada. Tractores de ruedas generalmente, por motivo de su velocidad de operación son probablemente la causa de la desigual distribución del suelo.

Notablemente algunos contratistas de terracerías requieren más corte para completar un destajo o tarea que otros. Esto es debido sin duda a las diferentes tendencias de los operadores en cuanto a sobre elevar el nivel del suelo entre las estacas de la cuadrícula.

Para el promedio de trabajos incluyendo suelos arcillosos con bajo contenido de humedad y de 550 a 950 mts<sup>3</sup> de excavación por hectárea de 20 a 45% más corte que relleno es usualmente necesario, mientras que en caso de suelos extremadamente pesado o de textura ligera y profundos o pocos profundos, el porcentaje de excavaciones debe ser tan pequeño como 5 % y tan grande como 100 % respectivamente.

Cálculos de ajustes para cortes y rellenos, pueden ser encontrados en el apéndice, (pág. 24).



### **Identificación o señalamiento de corte y relleno en el campo**

Según James (1974), resalta la responsabilidad - Si el contratista de terracería piensa tomar toda la responsabilidad de la ejecución económica del trabajo debe proporcionar un plano topográfico completo (copia), y marcar en el terreno los cortes y rellenos en cada esquina de la cuadrícula de tal manera, que sea fácil entenderlos. El necesita el plano base para estudiar, y remitirse a él de cuando en cuando, según el plan de un eficiente movimiento de tierra y para chequear las excavaciones que se vayan requiriendo. El señalamiento o indicación de cortes o rellenos, son esenciales para mostrar a los operadores de la maquinaria para mover tierra, donde y cuando deben cortar o rellenar,

En el caso de que el movimiento de tierra sea de la responsabilidad del agricultor o de su ingeniero, no es necesario y puede no ser conveniente dar a conocer el plan de nivelación de tierras al contratista y sus trabajadores, En lugar de eso, un trabajador de señalamiento de cortes o rellenos se irá proyectando gradualmente conforme ellos vayan necesitando esas marcas para los trabajos de nivelación. Este procedimiento requiere la atención constante del individuo encargado del movimiento de tierras, pero da un control riguroso sobre el movimiento de tierras y evita el remarqueo de cortes y rellenos en el caso de que la estimación del requerimiento de cortes haya sido demasiado poco o mucho, (pág. 25).

### **Métodos para la identificación o señalamiento**

Según James (1974), algunos métodos para marcar los cortes y rellenos en el campo son usados; los requerimientos importantes son:

- a Establecimiento por medio de una marca colocada en cada una de las estacas de la cuadrícula, o por otra referencia en cada esquina de la cuadrícula de una elevación la cual corresponda o tenga una altura conocida con relación al punto donde fue colocada la Mira para obtener la elevación original. Esta referencia sirve como un nivel del cual la profundidad del corte o relleno requerido en ese punto puede ser medido rápida y exactamente.
- b La profundidad de corte o relleno debe ser marcada en cada esquina de la cuadrícula de tal manera que sea claramente visible por los operadores de la maquinaria de nivelación.
- c Las marcas deben ser suficientemente durables para que sirvan hasta que la nivelación se termine.

REFERENCIA.- Una de las prácticas seguidas requiere que la marca que sirve como referencia sea puesta en cada estaca de la cuadrícula a 30 cms más alto que el punto donde fue puesta la Mira para obtener la elevación original del terreno. Es usualmente posible colocar esta marca, obteniendo la elevación original del terreno para marcar el punto en la estaca, que corresponda a la marca de 30 cms. sobre el nivel de la Mira. En caso de que la Mira se haya leído demasiado lejos de la estaca, para hacer esto posible dentro del grado deseado de exactitud una segunda lectura de Mira se hace

en la estaca y dicha estaca es marcada 30 cms. arriba del nivel del terreno en la estaca, menos la diferencia de las dos lecturas de Mira en caso de que la tierra sea más alta en la estaca, y más la diferencia si es más baja. En caso de que el nivel del terreno en la estaca sea más alto que 30 cms será necesario poner la marca de referencia arriba del terreno donde pueda ser vista, levantándola tantos cms, como sea conveniente. En tales casos, esta altura se anotará en la estaca, (pág. 26).

Bengo (1995) dice que requiere que la marca que sirve como referencia se ponga en cada estaca de la cuadrícula a 30 cms, arriba del plano rasante calculado para la nivelación. En este caso es necesario calcular de antemano la nivelación. Así que la topografía es hecha, la nivelación calculada y el nivel para ingeniero es de nuevo traída al campo con el propósito de señalar las marcas en todas las estacas de la cuadrícula a 30 cms arriba del nivel que corresponda al plano rasante en el punto de la estaca que se marca. Estas operaciones incluyen algunos artificios que se han ideado para reducir la posibilidad de errores y ahorrar tiempo. Se usan lecturas de Mira en todo el trabajo en lugar de elevaciones, así que las elevaciones del terreno y del plano rasante, son expresadas en lecturas de Mira. También el nivel de ingeniero cuando se vuelve a usar, se pone en el mismo lugar que anteriormente y a la misma altura. Con el instrumento en esta posición, las lecturas de Mira originalmente tomadas en las esquinas de la cuadrícula, pueden ser repetidas. Enseguida, para situar las señales a 30 cms. arriba del plano rasante calculado, en cada estaca de la cuadrícula se pone la Mira contra la estaca y se sube hasta que la retícula del instrumento coincida con

una lectura en la Mira que sea 30 cms. menor a la que corresponda a el plano rasante en esta estaca y se marca la estaca en el cero de la Mira. Si 30 cms arriba del plano rasante queda abajo de la superficie del terreno, la Mira se sube una altura adicional para que la marca quede fuera del terreno y se hace la marca y la anotación correspondiente, (pág. 26).

### **Profundidad del corte**

Según James (1974), la profundidad de corte es indicada en las estacas marcando con color rojo o material rojo y una porción de las mismas a partir de la estaca cuya medida corresponde a la profundidad de corte en ese punto. En caso de que la marca de referencia sea 30 cms., arriba del nivel de la tierra, el plano rasante está más abajo, a una distancia de 30 cms. más la marca coloreada de la estaca. Si la marca de referencia, está a 30 cms. del plano rasante, ésta medida es cuanto se necesita para localizar el plano rasante. En ambos casos la porción de la estaca coloreada de rojo, muestra al operador la medida que debe bajar la superficie original del suelo en cada caso particular. También él puede bajarse de su máquina en cualquier momento y con una regla de 30 cms. la que él porta con el propósito de medir de la marca de referencia para determinar el exacto plano rasante. En caso de que la profundidad del corte sea tan grande que no se pueda marcar de ésta manera en los 1.20 mts. del listón de la estaca, márquese una flecha roja desde la cabeza de la estaca hacia abajo y la profundidad del corte escríbase en rojo inmediatamente abajo de la flecha, (pág. 27).

### **Profundidad del relleno**

Según James (1974), las profundidades de relleno son indicadas con color azul sólido con banda de algunos centímetros de ancho alrededor de la estaca e inmediatamente abajo del nivel designado como del plano rasante. Si la marca de referencia está a 30 cms. arriba del nivel de la superficie del terreno y la profundidad de relleno es menos que 30 cms el plano rasante está situado a 30 cms., menos la profundidad de relleno abajo de la marca de referencia. Si la profundidad de relleno es más de 30 cms., el plano rasante se sitúa arriba de la marca de referencia tanto cuanto sea la diferencia de la profundidad de relleno, menos 30 cms. En caso de que la profundidad del relleno sea tan grande que no pueda ser marcada de ésta manera en los 1.20 mts, del listón de las estacas, las estacas se harán más grandes uniendo dos o más de ellas con clavos.

Otras marcas.- Cuando la superficie original del terreno coincide con el plano rasante, no hay necesidad de corte ni de relleno y así mismo las marcas rojas y azules no aparecen en éstos puntos de la cuadrícula. No obstante algunas otras marcas distintivas tales como un círculo rojo o azul con una flecha pintada a través de ella, pueden ser usadas para mostrar que las marcas de estas estacas no fueron pasadas por alto.

Bengo (1995), dice que para evitar la posibilidad de malas interpretaciones y para evitar que se duplique el trabajo del ingeniero, los materiales usados para marcar las estacas deben ser de buena calidad y durables. Una tira de tela adhesiva a prueba de agua de 7. Cms, de ancho y pegada alrededor de la estaca es una marca de referencia ideal. Los colores rojo y azul son,

hechos más bien con Lumbor Crayon, o con pintura aplicada con pistola de aire, (pág. 27)

#### **2.2.3.10 Movimiento de tierras**

García (1994), dice que si la pendiente del terreno en el segundo perfil es de signo contrario a la del primer perfil, corresponderá la parte de desmonte del primer perfil con la parte de terraplén del segundo y la parte de terraplén del primero con la de desmonte del segundo, (pág. 73)

### **2.3 COSTO ECONÓMICO**

Salas (1995), dice que comprende el análisis económico-financiero de las inversiones que demandan el proceso de sistematización de tierras y de los ingresos que se obtienen de la producción agropecuaria. Para el efecto, es necesario realizar los análisis previos de la magnitud de la nivelación o movimiento de tierras y de los costos de mano de obra, bienes y servicios, incluyendo materiales, equipo mecánico y gastos administrativos.

La ejecución de las obras de nivelación de tierras será viable o posible, siempre que los ingresos mayores o adicionales atribuidos a la producción en terreno nivelado sean iguales o mayores a los costos de inversión en la nivelación del terreno, a través de un período de operación y producción agrícola de 10 a 15 años, (pág. 14)

## CAPITULO III: MÉTODOS Y MATERIALES

### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 3.1.1 UBICACIÓN Y ACCESO AL LUGAR DE ESTUDIO

El centro poblado de Jatun Sayna está ubicado en el departamento de Puno, provincia de Melgar, distrito de Macai, situado a 3915.00 m.s.n.m., Geográficamente está ubicado sobre las coordenadas  $14^{\circ} 43' 39'' - 14^{\circ} 48' 39''$  de latitud sur y  $77^{\circ} 47' 40'' - 70^{\circ} 51' 06''$  de longitud oeste.

Para llegar al área de estudio se sigue la siguiente ruta: Puno – Juliaca – Ayaviri – Macari – Jatun Sayna, que es una vía asfaltada hasta la provincia de Melgar, lo que continúa hasta Jatun Sayna es carretera afirmada. Existen aproximadamente 190 km desde Puno hasta el lugar de estudio centro poblado Jatun Sayna.

#### 3.1.2 ÁREA DEL LUGAR DE ESTUDIO

Para este estudio con fines de diagnóstico y rehabilitación se ha considerado 1 hectárea la irrigación Jatun Sayna que comprende un área neta de 1500 hectáreas,

#### 3.1.3 FISIOGRAFÍA

El relieve es no totalmente plano ya que presenta algunas ondulaciones. Es una planicie aluvial formada de sedimentos de granulometría variada (arcilla, gravas, limos y arenas), con zonas de turba, o materia orgánica, la fisiografía del área en estudio permite que la escorrentía superficial sea moderado, existiendo además zonas de presionadas que hacen que el drenaje superficial sea deficiente. En tal sentido ha sido propicio realizar una calicata

para conocer la capa arable, donde se tuvo un aproximado de 35 cm de capa arable, a continuación se aprecia la capa arable del área de estudio.



**FIGURA N° 03 CAPA ARABLE DEL ÁREA DE ESTUDIO**  
**FUENTE:** Castillo G., E. (1996). *Hombres y agricultura*. Republica Dominicana

El área de estudio es una zona de topografía regular, con una pendiente un medio de 0.8%, en la margen izquierda limitada por el río Macarimayo y en su margen derecha por el río Llalimayo y en la parte más baja del área por la confluencia de los ríos Llalimayo y Macarimayo en la zona de Chuquibambilla, formando el río Ayaviri.



### 3.1.4 CLIMATOLOGÍA

El clima del departamento de Puno en la naturaleza tropical y alpina. Está caracterizado por ser muy seco, con inviernos muy fríos y veranos húmedos y frescos.

- Temperatura

La temperatura media anual varía de 6,1°C a 8.5°C, la temperatura máxima media es de 9.1°C y la mínima de 2,9°C, como consecuencia de las temperaturas bajas se presentan con gran frecuencia heladas entre mayo, junio y julio, ocasionando pérdidas en los cultivos hasta en un 90%,

- Horas de sol

El período más soleado es de mayo a octubre, con más de 278 horas de sol/mes que varía de 7,6 a 9,1 h/día, entre noviembre, enero y marzo se presenta el período más nublado, con un promedio de 5,0 a 6,9 horas de sol /día, el promedio máximo mensual de horas de sol es de 9,1 en el mes de julio y el promedio mínimo mensual es de 5,0 horas en enero.

- Precipitación

El promedio anual es de 680.9 milímetros presentándose el promedio mensual máximo de 148.0 milímetros en enero y un mínimo de 1.5 milímetros en julio. La facultad de granizo se presenta toda frecuencia en septiembre, octubre y noviembre una, ocasionando pérdidas en los cultivos.

- Humedad relativa

Los promedios mensuales de humedad relativa mínima extrema deberían de 30% en 10%.

Los promedios mensuales máximo entre el 67.5 %y 47.5% de la media

55.9 %.

- Evaporación

Los índices de evaporación mínima se registran durante enero a junio (139.1-128.3 milímetros); estos índices son consecuencia de la alta precipitación.

Los valores máximos de evaporación mensual, en el tanque tipo A, son 177.1 mm/mes y se representa en los meses de julio a diciembre principalmente en el mes de octubre, veces caracterizados por fuertes vientos e incremento de la temperatura del aire.

### 3.2 INFORMACIÓN SOCIO – ECONÓMICA

Son importantes los datos socio económicos en un estudio, porque es un factor que decide el tipo de inversión, de acuerdo al número de familias beneficiadas. Estos datos fueron tomados del informe final del proyecto Jatun Sayna realizado por la municipalidad distrital de Macari y son actualizados según el índice de crecimiento poblacional de la zona.

- Población

De los resultados obtenidos por el INEI, efectuado en el área de estudio, se llegó a la siguiente conclusión:

Población: 400

Miembros por familia: 05

Número de familias: 80

- Población económicamente activa (PEA)

Sólo el 48% de la población total pertenece a la PEA, Cuyas edades efectúan entre 16 a 60 años, en la tabla número dos muestra los porcentajes resultantes.

- Forma de tenencia de la tierra

En la zona en estudio existen diversas formas de tenencia que se analizará a continuación:

Propiedad individual.- Es la forma dominante en el área de estudio, se define como el derecho del agricultor sobre un lote de terreno, el área individual varía de 2 a 140 Has y su conducción puede ser mediante:

Condición de empresa asociativa, trabajada en forma de empresa por sus feudatarios.

La conducción del nivel comunal, en forma comunal por los comuneros.

Uso actual de la tierra

El uso de las tierras para la explotación ganadera en vacuno servido por ovinos.

Actualmente el área en estudio (1800 ha), tiene el uso pecuario y agrícola, limitándose para el autoconsumo por expertos de las condiciones climáticas adversas típicas del altiplano. Los cultivos que predominan son cultivos, pastos cultivados y forrajeros, entre ellos la avena y cebada; éstas a su vez sirven como alimento para la explotación ganadera. En la cédula de cultivos empleada actualmente el 90% del área está dedicada al cultivo de pastos y forrajes.

### 3.3 MATERIALES, EQUIPOS Y RECURSOS

#### 3.3.1 MATERIALES Y EQUIPOS DE GABINETE

- Equipo de cómputo.
- Equipo de impresión Impresora y Plotter.
- Materiales y equipo de dibujo.
- Útiles de escritorio.
- Software
- ✓ Microsoft office.
- ✓ Auto Cad. .
- ✓ Auto Cad Civil 3D.
- ✓ S10.
- Otros.

#### 3.3.2 MATERIALES Y EQUIPO DE CAMPO

- Equipo topográfico.
- ✓ GPS.
- ✓ Estación total
- ✓ Nivel de ingeniero
- Cámara fotográfica.
- Cronometro.
- Flexómetro.
- Libreta de campo.
- Calculadora.
- Herramientas manuales.
- ✓ Picos.
- ✓ Pala.
- Otros.

#### 3.3.3 MATERIALES CARTOTABLAS Y AFINES

- Cartas Nacionales (1:25,000).
- Bibliografía especializada.
- Otros.

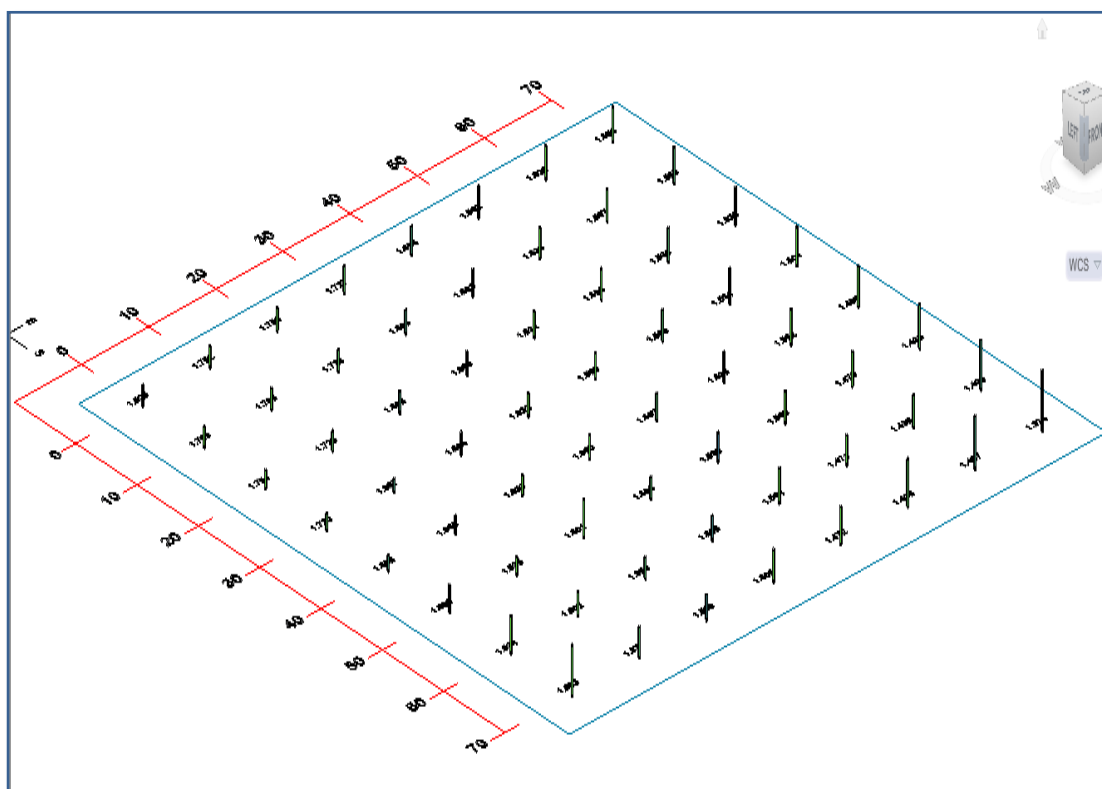
#### 3.3.4 RECURSOS HUMANOS

- Operador de nivel de ingeniero
- Peones
- Operador de maquinaria

### **3.4 METODOLOGÍA PARA CONOCER LA APTITUD DE LA HABILITACIÓN DE TIERRAS EN EL CENTRO POBLADO DE JATUN SAYNA DEL DISTRITO DE MACARÍ.**

Se realizó la nivelación optando por un método práctico el cual se puede adaptar a la topografía de la zona y algo muy importante ya que se tomó como parte del estudio dos terreno familiares de 4,900 m<sup>2</sup> cada uno de ellos, uno para trabajarlo manualmente y el otro para ser trabajado con maquinaria, es que los trabajos de nivelación puede ser realizada por ellos mismos, estoy hablando del método de los mínimos cuadrados, un método que fue muy empleado y eficiente en los años pasados y que se dejó de lado porque ya aparecieron otros métodos más actualizados, mecanizados y por ende más costosos por la cual la gente de la zona rural no puede costear los precios de la nivelación y simplemente simplifica esta actividad tan importante para la eficiencia del riego, cuyo desarrollo del método es el siguiente:

El plano base de los terrenos a nivelar como una unidad, las estacas están colocadas a cada 10 m. como se muestra en la figura N°03.



**FIGURA N° 04 TERRENO CON ESTACAS A CADA 10m**  
**FUENTE:** Elaboración propia.

Como primer paso en los cálculos consiste en sumar las elevaciones a lo largo de cada línea y en cada columna, como se demuestra en el plano y la computación de la elevación promedio de cada línea y cada columna. La elevación promedio cambia de Norte a Sur y de Oeste a Este, a través del campo, demostrado esto por el promedio y columna respectiva. Ver figuras N° 04 y 05

El segundo paso consiste en localizar el centroide, "Hm" y determinar su elevación. El centroide es exactamente el centro de la cuadrícula. Su elevación en este caso es promedio de los cuatro puntos medios.

El centroide "Hm" es el promedio de las distancias de estación de "a" en los ejes X y las de Y o  $X_n$  e  $Y_m$ . Ver figura N° 04 y 05.

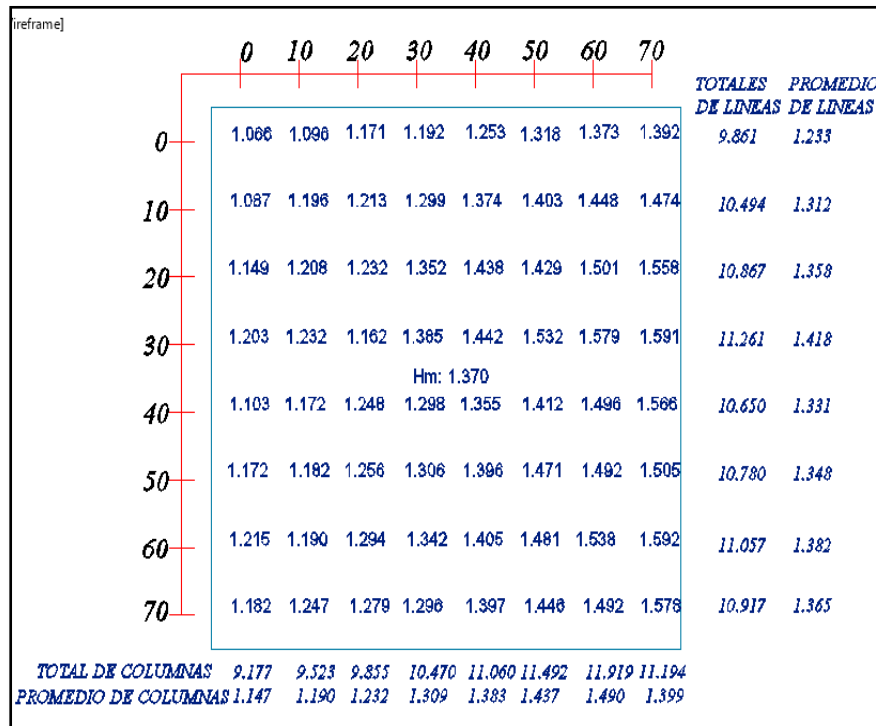


FIGURA N° 05 ELEVACIÓN EN CADA ESTACA DEL TERRENO N° 01  
FUENTE: Elaboración propia.

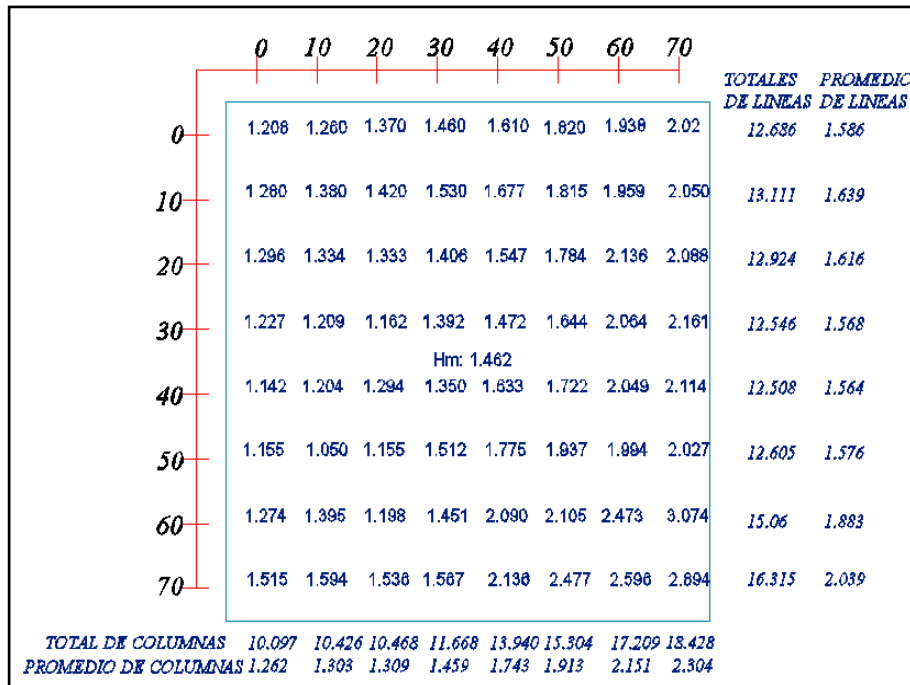
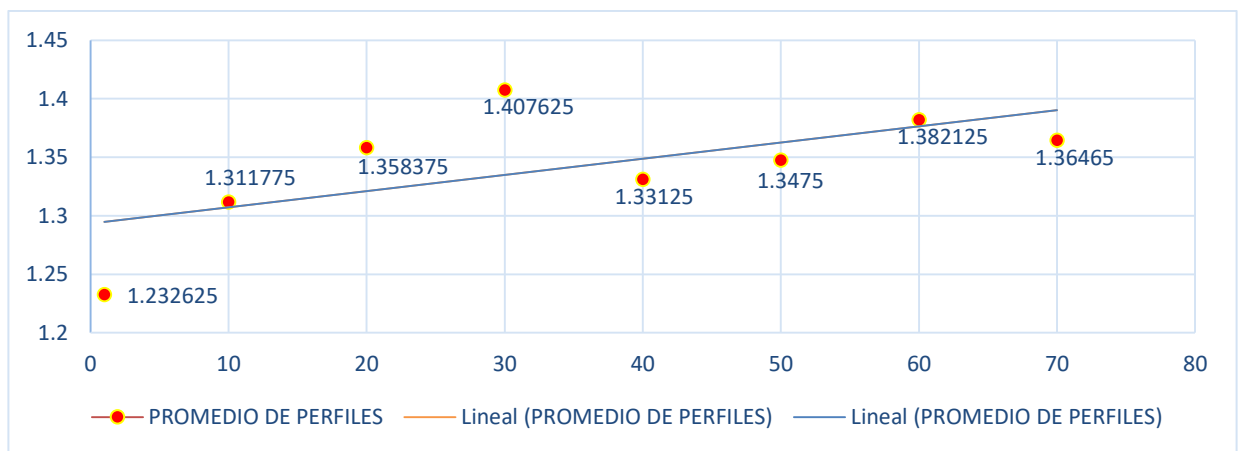


FIGURA N° 06 ELEVACIÓN EN CADA ESTACA DEL TERRENO N° 02  
FUENTE: Elaboración propia

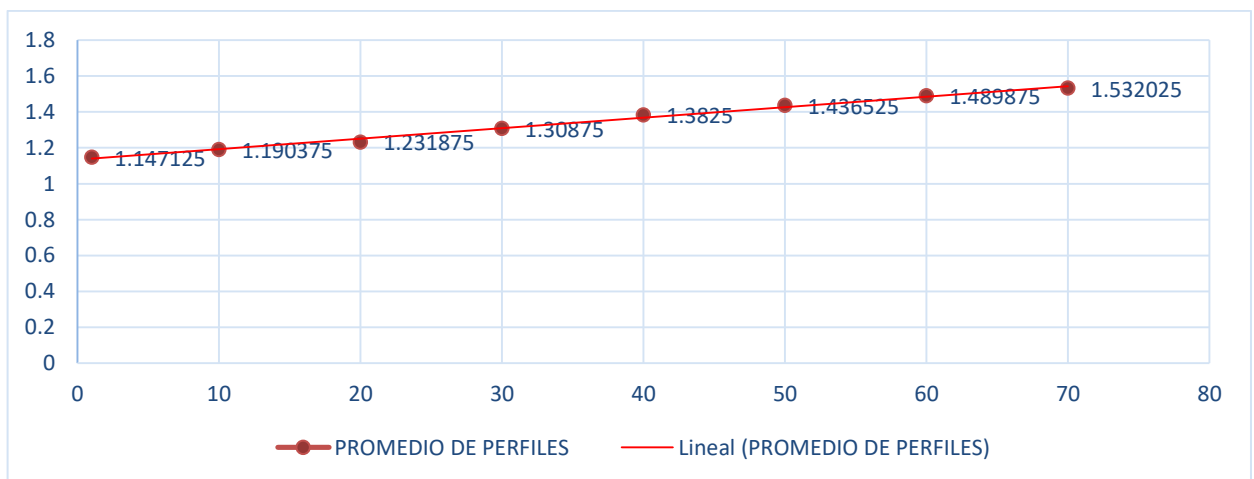
Como tercer paso consiste en determinar declives de las líneas que más se adapten al promedio de las elevaciones en las dos direcciones coordenadas. En este punto es conveniente dibujar la gráfica del promedio de elevaciones de las líneas y del promedio de las elevaciones de las columnas como se demuestra en las tablas N° 03, N° 04, N° 05 y N° 06.

**TABLA N° 03**  
**PROMEDIO DE PERFILES DE ESTE A OESTE. TERRENO N° 01**



FUENTE: Elaboración propia.

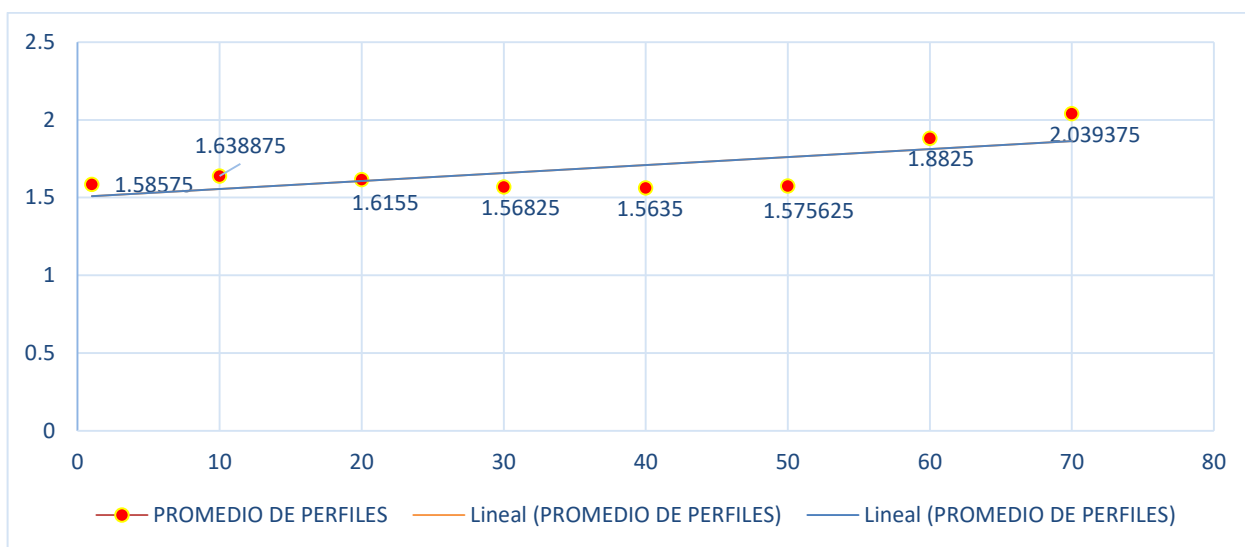
**TABLA N° 04**  
**PROMEDIO DE PERFILES DE NORTE A SUR - TERRENO N° 01**



FUENTE: Elaboración propia.

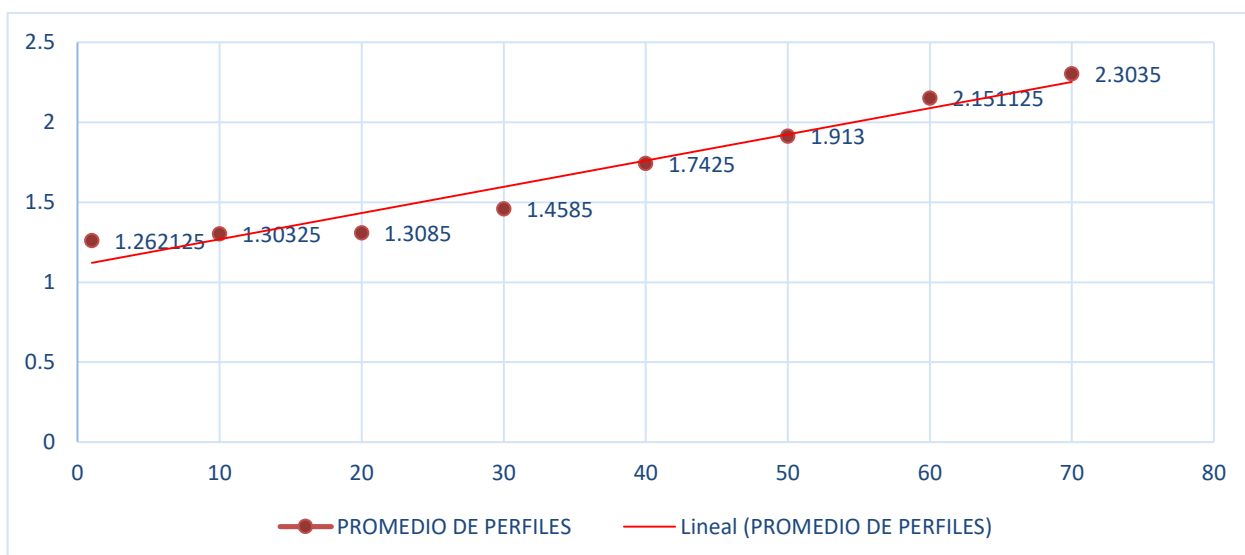


**TABLA N° 05**  
**PROMEDIO DE PERFILES DE ESTE A OESTE - TERRENO N° 02**

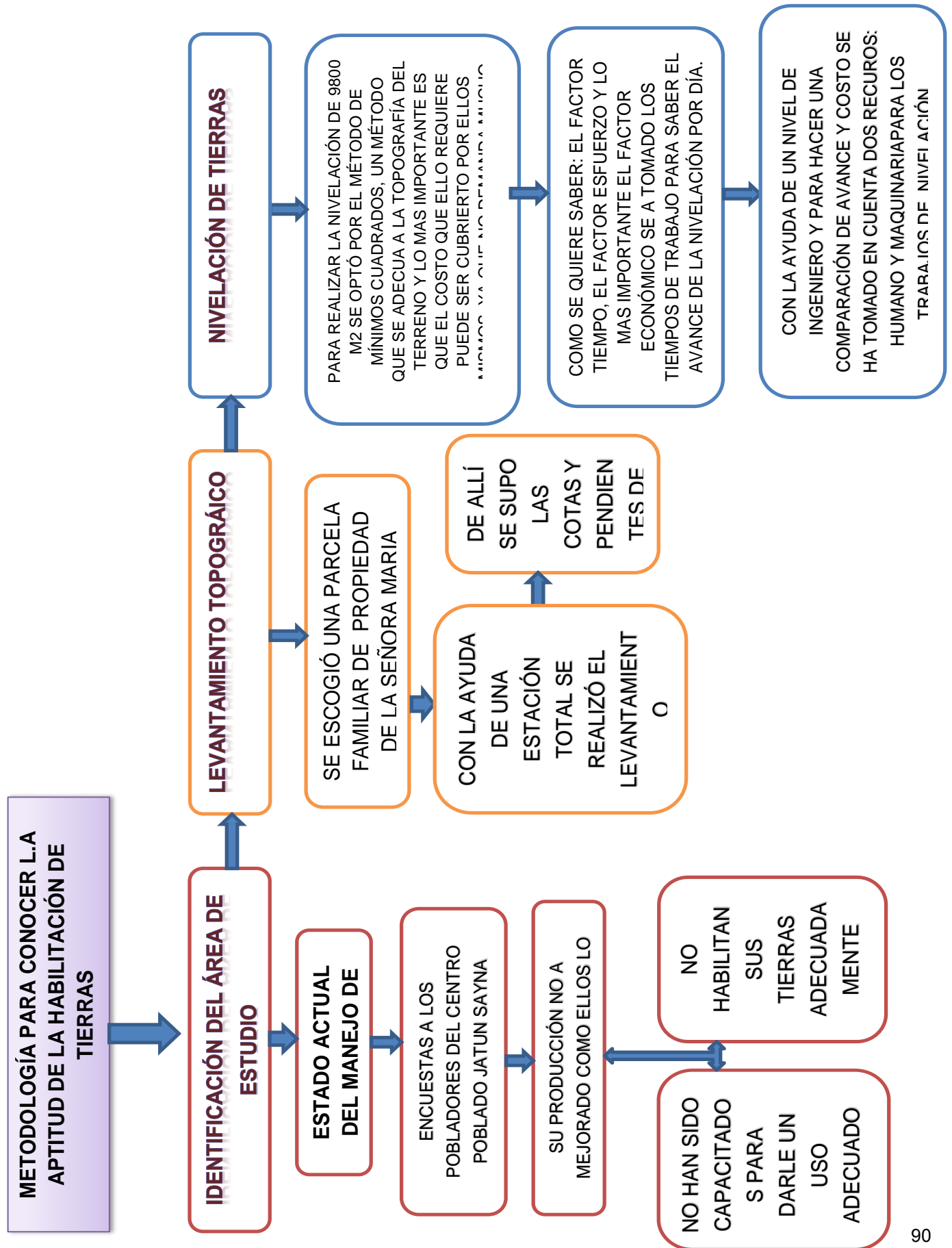


FUENTE: Elaboración propia.

**TABLA N° 06**  
**PROMEDIO DE PERFILES DE NORTE A SUR - TERRENO N° 02**



FUENTE: Elaboración propia.



### 3.4.1 RECOPIACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para identificar el estado actual del área de estudio, en específico el manejo del riego superficial con la que los pobladores cuentan, se utilizó la técnica de las encuestas, de las cuales se obtuvo respuestas inesperadas, ya que en su mayoría coinciden que no recibieron capacitaciones sobre la aplicación de riego tecnificado, mucho menos sobre las condiciones en las que debe estar el terreno para que el riego aplicado sea eficiente, para conocer las respuestas, estas se detallan en el anexo N°01

### 3.4.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se realizó el levantamiento topográfico con la ayuda de una estación total de toda la parcela, se tomó un terreno de 4,900 m<sup>2</sup> para trabajarlo con recurso humano y otro terreno de igual área para trabajarlo con el recurso maquinaria, colocando estacas a cada 10 m de Este a Oeste y de Norte a Sur, con la ayuda de un nivel de ingeniero se obtuvo las elevaciones en las estacas de ambas parcelas, ilustrándose mejor en el plano que se anexa en el anexo N° 05.

### 3.4.3 HABILITACIÓN DE TIERRAS CON FINES DE RIEGO

#### 3.4.3.1 Ruptura del Suelo

##### **Ruptura del suelo con recurso humano**

Como primer paso para realizar la nivelación del primer terreno se hizo el trabajo de ruptura del suelo en el terreno de 4,900 m<sup>2</sup> utilizando la mano del hombre, es decir contratando a personas que haciendo uso de

herramientas como pico, pala, chaquitaklla, etc, se realizara esta tarea que es esencial para empezar con los trabajos de nivelación.

#### **Ruptura del suelo con recurso maquinaria**

Para cumplir esta tarea, se tendrá que alquilar maquinaria que sea propicio para romper el suelo de 4900 m<sup>2</sup> de terreno.

### **3.4.3.2 Nivelación del terreno**

#### **Nivelación del terreno usando recurso humano**

Para hacer el trabajo de nivelación manual del primer terreno de 4,900 m<sup>2</sup> en estudio, se le dará una pendiente respectiva para que de allí sepamos los volúmenes de corte y relleno, para realizar esta actividad se contara con personal contratado para que haciendo uso de herramientas manuales como pico, pala, rastrillo, etc., tendrán que llegar a las cotas correspondientes y así conseguir la pendiente fijada.

#### **Nivelación del terreno usando el recurso maquinaria.**

Para hacer el trabajo de nivelación del segundo terreno con un área de 4,900 m<sup>2</sup> que se tiene en estudio, de la misma forma se le dará una pendiente respectiva para que de allí sepamos los volúmenes de corte y relleno, para realizar esta actividad se contara la maquinaria idónea y tendrán que llegar a las cotas correspondientes y así conseguir la pendiente fijada.

### 3.4.3.3 Tiempo de la nivelación

#### **Tiempo de nivelación usando recurso humano**

El tiempo que lleve nivelar el primer terreno con un área de 4900 m<sup>2</sup> haciendo uso del recurso humano dependerá específicamente del rendimiento de trabajo de las personas que se contrataron, se realizó este trabajo en un día, con cuatro personas que es la cantidad con lo que normalmente trabajan en una familia, por lo tanto de allí se sabe el rendimiento y avance de cada una de estas personas por día.

#### **Tiempo de nivelación usando el recurso maquinaria**

El tiempo que lleve nivelar el segundo terreno que también tiene un área de 4900 m<sup>2</sup>, usando el recurso maquinaria depende específicamente de la experiencia del operador y características del suelo.

### 3.4.3.4 Costo de la nivelación

#### **Costo de la nivelación usando recurso humano**

El costo es un factor muy importante, ya que de ello depende si los propietarios realizan o dejan de lado esta actividad, es por ello que se deben de minimizar los costos, en tal sentido el factor costo dependió del rendimiento de las personas que realizan esta actividad y por ende los días trabajados ya que se les pagó por jornales de trabajo.

#### **Costo de la nivelación usando el recurso maquinaria**

El costo de la nivelación haciendo uso de recurso maquinaria depende del costo de alquiler por hora de las maquinarias.

## **CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **4.1 RESULTADOS DE LA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EN LA ZONA**

Según las respuestas de los entrevistados he llegado a la conclusión de que los pobladores en su mayoría no tienen conocimiento de cómo efectuar el riego ya que en su mayoría no han sido comunicados para que puedan asistir a una charla realizada por las autoridades de la municipalidad del distrito de Macari en el local de la comunidad de Jatun Sayna, donde se dio una capacitación sobre el uso eficiente del sistema de riego con la que ellos cuentan.

Por otro lado, los pobladores en su mayoría no notan una mejora considerable en la producción de sus pastos, forrajes y tubérculos, por lo tanto eso es un indicador de que los pobladores no tienen conocimiento de cómo regar porque no se han capacitado.

Por último, los pobladores saben que es importante la nivelación de sus tierras para cultivar, pero nunca les han enseñado el cómo deben de hacerlo, cuanto le costaría, es por eso que ellos realizan esta actividad de la nivelación usando sus propios criterios. Las respuestas de las encuestas lo encontramos a continuación:

### **4.2 ESTUDIOS PRELIMINARES**

#### **4.2.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.**

En el presente trabajo se ha concretado el levantamiento topográfico haciendo uso de un nivel de ingeniero con su respectiva mira, una estación total con su respectivo prisma y un GPS, obteniéndose datos de campo que se muestran a detalle en los anexos, con los cuales se dibujó los planos

respectivos haciendo uso del programa Civil 3D que posteriormente sirvió para hacer los cálculos de volumen del movimiento de tierras.

Una vez hecho el levantamiento topográfico del terreno con la ayuda de una estación total se tomó dos terrenos con un área de 4,900 m<sup>2</sup> cada uno para ser nivelados haciendo uso del recurso humano y recurso maquinaria.

Posteriormente en ambos terrenos se colocó ocho estacas a cada 10 metros tanto de Este a Oeste como de Norte a Sur, haciendo un área de 4,900 m<sup>2</sup> cada uno de los terrenos y con la ayuda de un nivel de ingeniero y una mira se obtuvo las elevaciones en cada estaca y resultados se detallan en la figura N° 07 y 08, con más detalles dentro del anexo N°05

	0	10	20	30	40	50	60	70
0	1.086	1.096	1.171	1.192	1.253	1.318	1.373	1.392
10	1.087	1.196	1.213	1.299	1.374	1.403	1.448	1.474
20	1.149	1.208	1.232	1.352	1.438	1.429	1.501	1.558
30	1.203	1.232	1.162	1.385	1.442	1.532	1.579	1.591
40	1.103	1.172	1.248	1.298	1.355	1.412	1.496	1.586
	Hm: 1.370							
50	1.172	1.182	1.256	1.306	1.366	1.471	1.492	1.505
60	1.215	1.190	1.294	1.342	1.405	1.481	1.538	1.592
70	1.182	1.247	1.279	1.296	1.397	1.446	1.492	1.578

**FIGURA N° 07, UBICACIÓN DEL CENTRÍODE DEL TERRENO A NIVELAR USANDO EL RECURSO HUMANO**

FUENTE: Elaboración propia.

En la figura N° 07 se muestran las elevaciones tomadas en las estacas colocadas a cada 10 m de este a oeste y de norte a sur del terreno que fue nivelado usando el recurso humano, con la ayuda de un nivel de ingeniero y su respectiva mira, donde también fue necesario utilizar un GPS para conocer la altitud de dicho terreno.

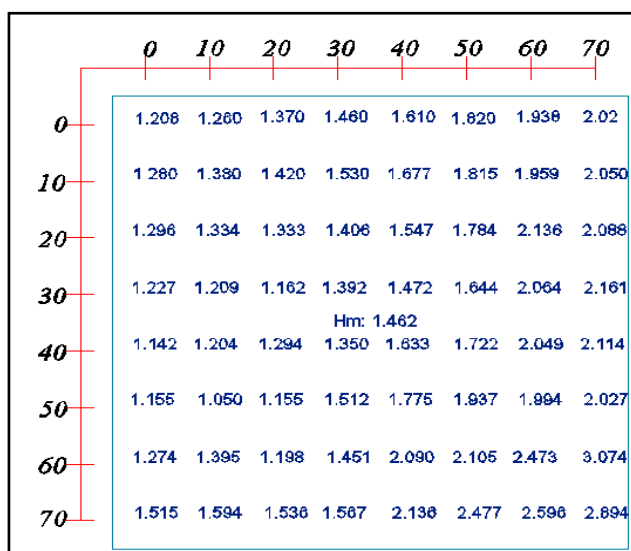
**TABLA N° 07**  
**COTAS DEL TERRENO A NIVELAR USANDO EL RECURSO HUMANO**

<b>4005.124</b>	<b>4005.094</b>	<b>4005.019</b>	<b>4004.998</b>	<b>4004.937</b>	<b>4004.872</b>	<b>4004.817</b>	<b>4004.798</b>
<b>4005.103</b>	<b>4004.994</b>	<b>4004.977</b>	<b>4004.891</b>	<b>4004.816</b>	<b>4004.787</b>	<b>4004.742</b>	<b>4004.7158</b>
<b>4005.041</b>	<b>4004.982</b>	<b>4004.958</b>	<b>4004.838</b>	<b>4004.752</b>	<b>4004.761</b>	<b>4004.689</b>	<b>4004.632</b>
<b>4004.987</b>	<b>4004.958</b>	<b>4004.893</b>	<b>4004.805</b>	<b>4004.748</b>	<b>4004.658</b>	<b>4004.611</b>	<b>4004.599</b>
<b>4005.087</b>	<b>4005.018</b>	<b>4004.942</b>	<b>4004.892</b>	<b>4004.835</b>	<b>4004.778</b>	<b>4004.694</b>	<b>4004.624</b>
<b>4005.018</b>	<b>4005.008</b>	<b>4004.934</b>	<b>4004.884</b>	<b>4004.794</b>	<b>4004.719</b>	<b>4004.698</b>	<b>4004.685</b>
<b>4004.975</b>	<b>4005</b>	<b>4004.896</b>	<b>4004.848</b>	<b>4004.785</b>	<b>4004.709</b>	<b>4004.652</b>	<b>4004.598</b>
<b>4005.008</b>	<b>4004.943</b>	<b>4004.911</b>	<b>4004.894</b>	<b>4004.793</b>	<b>4004.7438</b>	<b>4004.698</b>	<b>4004.612</b>

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 7 se muestran las cotas del terreno antes de ser nivelado usando el recurso humano, en las estacas colocadas a cada 10 m de este a oeste y de norte a sur con la ayuda de una estación total y su respectivo prisma, donde también fue necesario utilizar un GPS para ubicar un Bm.





**FIGURA N° 08 UBICACIÓN DEL CENTRÍODE DEL TERRENO A NIVELAR USANDO EL RECURSO MAQUINARIA**

FUENTE: Elaboración propia.

En la figura N° 08 se muestran las elevaciones tomadas en las estacas colocadas a cada 10 m de este a oeste y de norte a sur del terreno que será fue nivelado usando el recurso maquinaria, con la ayuda de un nivel de ingeniero y su respectiva mira, donde también fue necesario utilizar un GPS para conocer la altitud de dicho terreno.

**TABLA N° 08  
COTAS DEL TERRENO A NIVELAR USANDO EL RECURSO MAQUINARIA**

4004.982	4004.93	4004.82	4004.73	4004.58	4004.21	4004.12	4004.17
4004.91	4004.81	4004.77	4004.66	4004.513	4004.375	4004.231	4004.14
4004.894	4004.856	4004.857	4004.784	4004.643	4004.406	4004.054	4004.102
4004.963	4004.981	4004.813	4004.798	4004.718	4004.546	4004.126	4004.029
4005.048	4004.986	4004.896	4004.84	4004.557	4004.468	4004.141	4004.076
4005.037	4005.138	4005.035	4004.678	4004.415	4004.253	4004.196	4004.163
4004.916	4004.795	4004.992	4004.739	4004.1	4004.085	4003.717	4003.116
4004.675	4004.596	4004.654	4004.623	4004.054	4003.713	4003.594	4003.296

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 08 se muestran las cotas del terreno antes de ser nivelado usando el recurso maquinaria, en las estacas colocadas a cada 10 m de este a oeste y de norte a sur con la ayuda de una estación total y su respectivo prisma, donde también fue necesario utilizar un GPS para ubicar un Bm.

#### 4.3 HABILITACIÓN DE TIERRAS CON FINES DE RIEGO

En el presente proyecto de investigación se realizó la nivelación optando por el método de los mínimos cuadrados, que es un método práctico el cual se adapta a la topografía de la zona, algo muy importante es que se tomó como parte del estudio dos terrenos familiares, y los trabajos de nivelación puede ser realizada por ellos mismos.

El primer terreno se trabajó utilizando el recurso humano teniendo que contratar a cuatro personas de distintas edades, para ello se le asignó una pendiente de 3/1000 de Oeste a Este, es decir que habrá un desnivel de 0.21 m por cada 70 m y de Norte a Sur con una pendiente de 5/1000, es decir que habrá un desnivel de 0.35 m por cada 70 m, trabajando con estas pendientes se tuvo un movimiento de tierras de manera considerable para un trabajo utilizando el recurso humano es decir hacer la nivelación con pico, pala, rastrillo y otros.

En relleno se tiene 406.79 m<sup>3</sup> y 223.15 m<sup>3</sup> en corte, todo esto es en un terreno de aproximadamente media hectárea, el cual se trabajó utilizando la mano del hombre.

**TABLA N° 09**  
**ELEVACIONES EN SENTIDO DE OESTE A ESTE DEL TERRENO QUE SERÁ**  
**NIVELADO USANDO EL RECURSO HUMANO**

BM	4006.19								
PTO	COTA	DIST. EN CADA ELEVACION	ELEV .	N° DE LINEAS	Σ DE LINEAS DE E - W	PROM. DE LINEAS (H)	DIST. EN PROMEDIO (S)	Σ(SH)	DIST. AL CUADRA.
122	4004.798	70	1.392	8	9.861	1.23262	1	1.232	1
123	4004.817	60	1.373						
124	4004.872	50	1.318						
125	4004.937	40	1.253						
126	4004.998	30	1.192						
127	4005.019	20	1.171						
128	4005.094	10	1.096						
129	4005.124	1	1.066						
130	4005.103	0	1.087						
131	4004.994	10	1.196						
132	4004.977	20	1.213						
133	4004.891	30	1.299						
134	4004.816	40	1.374						
135	4004.787	50	1.403						
136	4004.742	60	1.448						
137	4004.715	70	1.474						
138	4004.632	70	1.558	8	10.867	1.35837	20	27.16	400
139	4004.689	60	1.501						
140	4004.761	50	1.429						
141	4004.752	40	1.438						
142	4004.838	30	1.352						
143	4004.958	20	1.232						
144	4004.982	10	1.208						
145	4005.041	0	1.149						
146	4004.987	0	1.203						
147	4004.958	10	1.232						
148	4004.893	20	1.297						
149	4004.805	30	1.385						
150	4004.748	40	1.442						
151	4004.658	50	1.532						
152	4004.611	60	1.579						
153	4004.599	70	1.591						
154	4004.624	70	1.566	8	10.65	1.33125	40	53.25	1600
155	4004.694	60	1.496						
156	4004.778	50	1.412						
157	4004.835	40	1.355						
158	4004.892	30	1.298						
159	4004.942	20	1.248						
160	4005.018	10	1.172						
161	4005.087	0	1.103						

PTO	COTA	DIST. EN CADA ELEVACION	ELEV.	N° DE LINEAS	Σ DE LINEAS DE E - W	PROM. DE LINEAS (H)	DIST. EN PROMEDIO (S)	Σ(SH)	DIST. AL CUADRA.
162	4005.018	0	1.172	8	10.78	1.3475	50	67.37	2500
163	4005.008	10	1.182						
164	4004.934	20	1.256						
165	4004.884	30	1.306						
166	4004.794	40	1.396						
167	4004.719	50	1.471						
168	4004.698	60	1.492						
169	4004.685	70	1.505						
170	4004.598	70	1.592	8	11.057	1.38212	60	82.92	3600
	4004.652	60	1.538						
171	4004.709	50	1.481						
41	4004.785	40	1.405						
172	4004.848	30	1.342						
173	4004.896	20	1.294						
174	4005	10	1.19						
175	4004.975	0	1.215						
176	4005.008	0	1.182	8	10.9172	1.36465	70	95.52	4900
177	4004.943	10	1.247						
178	4004.911	20	1.279						
179	4004.894	30	1.296						
180	4004.793	40	1.397						
181	4004.743	50	1.446 2						
182	4004.698	60	1.492						
183	4004.612	70	1.578						
TOTAL				8	85.8874	10.735	281	382.8	14001

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 09 se muestra los datos en sentido de oeste a este del terreno que se niveló usando el recurso humano, en la primera columna se coloca el número de punto tomado con la estación total, las cuales 64 puntos pertenecen al terreno que se niveló, en la segunda columna se registra la cota en las estacas colocadas a cada 10 m de oeste a este, en la tercera columna se coloca la distancia desde una esquina del terreno y esto va desde 0 a 70 m, en la cuarta columna se coloca las elevaciones de cada una de las estacas tomadas con un nivel de ingeniero, en la quinta columna va el número de líneas que no es otra cosa que el número de estacas en la dirección de oeste a este, por lo tanto se tiene 64 estacas en total, en la sexta columna se registra la sumatoria de líneas, es decir la sumatoria de las elevaciones para que en la séptima columna se saque un promedio de estas, en la octava columna se precisa las distancias desde una esquina del terreno hasta las estacas en dirección de oeste a este, para luego sacar el producto del promedio de líneas y la distancia. Todo esto es necesario para calcular el declive que mejor se adapte a la topografía del terreno a nivelar.

**TABLA N° 10**  
**ELEVACIONES EN SENTIDO DE NORTE A SUR DEL TERRENO QUE SERÁ**  
**NIVELADO USANDO EL RECURSO HUMANO**

PTO	COTA	DIST. EN CADA ELEVACION	ELEV.	N° DE LINEAS	Σ DE LINEAS DE E - W	PROM. DE LINEAS (H)	DIST. EN PROMEDIO (S)	Σ(SH)	DIST. AL CUADRA.						
129	4005.124	0	1.066	8	9.18	1.15	1	1.15	1						
130	4005.103	10	1.087												
145	4005.041	20	1.149												
146	4004.987	30	1.203												
161	4005.087	40	1.103												
162	4005.018	50	1.172												
175	4004.975	60	1.215												
176	4005.008	70	1.182												
177	4004.943	70	1.247	8	9.52	1.19	10	11.90	100						
174	4005	60	1.19												
163	4005.008	50	1.182												
160	4005.018	40	1.172												
147	4004.958	30	1.232												
144	4004.982	20	1.208												
131	4004.994	10	1.196												
128	4005.094	0	1.096												
127	4005.019	0	1.171							8	9.86	1.23	20	24.64	400
132	4004.977	10	1.213												
143	4004.958	20	1.232												
148	4004.893	30	1.162												
159	4004.942	40	1.248												
164	4004.934	50	1.256												
173	4004.896	60	1.294												
178	4004.911	70	1.279												
179	4004.894	70	1.296	8	10.47	1.31	30	39.26	900						
172	4004.848	60	1.342												
165	4004.884	50	1.306												
158	4004.892	40	1.298												
149	4004.805	30	1.385												
142	4004.838	20	1.352												
133	4004.891	10	1.299												
126	4004.998	0	1.192												
125	4004.937	0	1.253							8	11.06	1.38	40	55.30	1600
134	4004.816	10	1.374												
141	4004.752	20	1.438												
150	4004.748	30	1.442												
157	4004.835	40	1.355												
166	4004.794	50	1.396												
41	4004.785	60	1.405												
180	4004.793	70	1.397												

PTO	COTA	DIST. EN CADA ELEVACION	ELEV.	N° DE LINEAS	Σ DE LINEAS DE E - W	PROM. DE LINEAS (H)	DIST. EN PROMEDIO (S)	Σ(SH)	DIST. AL CUADRA.
181	4004.743	70	1.4462	8	11.49	1.44	50	71.83	2500
171	4004.709	60	1.481						
167	4004.719	50	1.471						
156	4004.778	40	1.412						
151	4004.658	30	1.532						
140	4004.761	20	1.429						
135	4004.787	10	1.403						
124	4004.872	0	1.318						
123	4004.817	0	1.373	8	11.92	1.49	60	89.39	3600
136	4004.742	10	1.448						
139	4004.689	20	1.501						
152	4004.611	30	1.579						
155	4004.694	40	1.496						
168	4004.698	50	1.492						
	4004.652	60	1.538						
182	4004.698	70	1.492						
183	4004.612	70	1.578	8	12.26	1.53	70	107.24	4900
170	4004.598	60	1.592						
169	4004.685	50	1.505						
154	4004.624	40	1.566						
153	4004.599	30	1.591						
138	4004.632	20	1.558						
137	4004.715	10	1.4742						
122	4004.798	0	1.392						
				8	85.75	10.72	281	400.7	14001
ALTURA DEL CENTROIDE CALCULADO						<b>1.342</b>			
ALTURA DEL CENTROIDE SUGERIDO						1.37			

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 10 se muestra los datos en sentido de norte a sur del terreno que se niveló usando el recurso humano, en la primera columna se coloca el número de punto tomado con la estación total, las cuales 64 puntos pertenecen al terreno que se niveló, en la segunda columna se registra la cota en las estacas colocadas a cada 10 m de norte a sur, en la tercera columna se coloca la distancia desde una esquina del terreno y esto va desde 0 a 70 m, en la cuarta columna se coloca las elevaciones de cada una de las estacas tomadas con un nivel de ingeniero, en la quinta columna va el número de líneas que no es otra cosa que el número de estacas en la dirección de norte a sur, por lo tanto se tiene 64 estacas en total, en la sexta columna se registra la sumatoria de líneas, es decir la sumatoria de las elevaciones para que en la séptima columna se saque un promedio de estas, en la octava columna se precisa las distancias desde una esquina del terreno hasta las estacas en dirección de norte a sur, para luego sacar el producto del promedio de

líneas y la distancia. Todo esto es necesario para calcular el declive que mejor se adapte a la topografía del terreno a nivelar.

**TABLA N° 11**  
**SUMA Y PROMEDIO DE LÍNEAS DEL TERRENO QUE SERA NIVELADO USANDO EL RECURSO HUMANO**

	<b>70</b>	<b>85.8874</b>		<b>70</b>	<b>85.7524</b>
<b>Xm =</b>	<b>1.226962857</b>		<b>Yn =</b>	<b>1.225034286</b>	

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 11 se aprecia la suma y promedio de líneas del terreno que fue nivelado usando el recurso humano, donde Xm representa la dirección de oeste a este y Ym representa la dirección norte a sur y sus datos salen de la tabla N° 09 y N° 10.

**TABLA N° 12**  
**CÁLCULO DEL G (w-E) O DECLIVE QUE MEJOR SE ADAPTE A LA TOPOGRAFÍA ORIGINAL EN LA DIRECCIÓN DE OESTE A ESTE A TRAVÉS DEL CAMPO**

$\Sigma(SH) = (1 \times 1.3851) + (10 \times 1.1071) + (20 \times 1.287) + (30 \times 1.3392) + (40 \times 1.5984) + (50 \times 1.786) + (60 \times 1.9812) + (70 \times 2.3115)$	
$\Sigma(SH) =$	<b>400.71138</b>
$\Sigma(S) =$	<b>281</b>
$\Sigma(H) =$	<b>85.7524</b>
$\Sigma(S)^2 =$	<b>14001</b>
$n =$	<b>8</b>
ENTONCES G (w-E) =	$(512.289 - (280 \times 102.365) / 8) / 14000 - \frac{14001}{8}$
ENTONCES G (w-E) =	<b>-0.186524405</b>
	POR 70 METROS QUE ES EL LADO DEL CUADRADO CONSIDERADO , ( EL SIGNO NEGATIVO INDICA QUE EL DECLIVE ES HACIA EL ESTE A PARTIR DE "A".
G (W-E) SUGERIDO =	-0.21 0.21
	PENDIENTE DE 3% , 21 CM DE DECLINACION POR CADA 70 M
ENTONCES G (w-E) =	<b>-0.02664634</b> 0.03146
ENTONCES G (w-E) =	<b>0.03</b>

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 12 se aprecia el cálculo de declive o pendiente que más se adapte a la topografía del terreno a nivelar de oeste a este usando el recurso humano, para la cual el método de los mínimos cuadrados trabaja con la formula mostrada en la tabla y sus datos los tomamos dla tabla N° 05, del resultado de la formula podemos sugerir una pendiente aproximada y conocido, en este caso la formula nos da un valor de - 0.186 m y por conveniente he sugerido de que sea - 0.21 m de declinación por cada 70 metros es decir que tomara una pendiente de 3/1000 y el signo indica la dirección de la pendiente, en este caso el signo negativo indica que será de oeste a este.

**TABLA N° 13**  
**CÁLCULO DEL G (N-S) O DECLIVE QUE MEJOR SE ADAPTE A LA TOPOGRAFÍA ORIGINAL EN LA DIRECCIÓN DE NORTE A SUR A TRAVÉS DEL CAMPO**

$\Sigma(SH) = (1 \times 1.478) + (10 \times 1.4582) + (20 \times 1.435) + (30 \times 1.3796) + (40 \times 1.4146) + (50 \times 1.6382) + (60 \times 1.7166) + (70 \times 2.2752)$	
$\Sigma(SH) =$	382.8
$\Sigma(S) =$	281
$\Sigma(H) =$	85.89
$\Sigma(S)^2 =$	14001
$n =$	8
ENTONCES $G(N-S) = (486.9 - (281 \times 102.4)/8)/14000 - \frac{14001}{8}$	
ENTONCES $G(N-S) =$	-0.215002626
POR 70 METROS QUE ES EL LADO DEL CUADRADO CONSIDERADO , (EL SIGNO POSITIVO INDICA QUE EL DECLIVE ES HACIA EL SUR A PARTIR DE "A" ..	
$G(N-S)$ SUGERIDO =	-0.35 0.35
ENTONCES $G(N-S) =$	-0.030714661 0.0362
ENTONCES $G(N-S) =$	0.05

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 13 se aprecia el cálculo de declive o pendiente que más se adapte a la topografía del terreno a nivelar de norte a sur usando el recurso humano, para la cual el método de los mínimos cuadrados trabaja con la formula mostrada en la tabla y sus datos los tomamos dla tabla N° 06, del resultado de la formula podemos sugerir una pendiente aproximada y conocido, en este caso la formula nos da un



valor de -0.215 m y por conveniente he sugerido de que sea – 0.35 m de declinación por cada 70 metros es decir que tomara una pendiente de 5/1000 y el signo indica la dirección de la pendiente, en este caso el signo negativo indica que será de norte a sur.

**TABLA N° 14  
ELEVACIONES DEL TERRENO NATURAL QUE SERÁ NIVELADO USANDO EL RECURSO HUMANO**

1.066	1.096	1.171	1.192	1.253	1.318	1.373	1.392
1.087	1.196	1.213	1.299	1.374	1.403	1.448	1.474
1.149	1.208	1.232	1.352	1.438	1.429	1.501	1.558
1.203	1.232	1.162	1.385	1.442	1.532	1.579	1.591
1.103	1.172	1.248	1.298	1.355	1.412	1.496	1.566
1.172	1.182	1.256	1.306	1.396	1.471	1.492	1.505
1.215	1.19	1.294	1.342	1.405	1.481	1.538	1.592
1.182	1.247	1.279	1.296	1.397	1.4462	1.492	1.578

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 14 se observa las elevaciones del terreno antes de ser nivelado con recurso humano.

**TABLA N° 15  
NUEVAS ELEVACIONES DEL TERRENO QUE SERÁ NIVELADO USANDO EL RECURSO HUMANO**

Xm Yn	0.1	10	20	30	40	50	60	70
0.1	1.050	1.080	1.110	1.140	1.170	1.200	1.230	1.260
10	1.100	1.130	1.160	1.190	1.220	1.250	1.280	1.310
20	1.150	1.180	1.210	1.240	1.270	1.300	1.330	1.360
30	1.200	1.230	1.260	1.290	1.320	1.350	1.380	1.410
40	1.250	1.280	1.310	1.340	1.370	1.400	1.430	1.460
50	1.300	1.330	1.360	1.390	1.420	1.450	1.480	1.510
60	1.350	1.380	1.410	1.440	1.470	1.500	1.530	1.560
70	1.400	1.430	1.460	1.490	1.520	1.550	1.580	1.610

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 15 se observa las nuevas elevaciones del terreno que se niveló con recurso humano, estas nuevas elevaciones salen después de que a las elevaciones del terreno natural se le adicione la declinación calculada en la tabla N° 08 y N° 09, de tal manera que la nuevas elevaciones queden con pendiente de 3/1000 de W-E y con 5/1000 de N-S

**TABLA N° 16**  
**CORTES Y RELLENOS PARA NIVELAR EL TERRENO USANDO EL RECURSO HUMANO**

Xm Yn	1	10	20	30	40	50	60	70
1	0.016	0.016	0.061	0.052	0.083	0.118	0.143	0.132
10	-0.013	0.066	0.053	0.109	0.154	0.153	0.168	0.164
20	-0.001	0.028	0.022	0.112	0.168	0.129	0.171	0.198
30	0.003	0.002	-0.098	<b>0.095</b>	<b>0.122</b>	0.182	0.199	0.181
40	-0.147	-0.108	-0.062	<b>-0.042</b>	<b>-0.015</b>	0.012	0.066	0.106
50	-0.128	-0.148	-0.104	-0.084	-0.024	0.021	0.012	-0.005
60	-0.135	-0.190	-0.116	-0.098	-0.065	-0.019	0.008	0.032
70	-0.218	-0.183	-0.181	-0.194	-0.123	-0.104	-0.088	-0.032
<b>CORTE</b>		<b>-2.725</b>						
<b>RELLENO</b>		<b>3.357</b>						

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 16 se observa los cortes y rellenos del terreno que se niveló con recurso humano, estos cortes y rellenos son el resultado de la diferencia de las elevaciones actuales que están en la tabla N° 10 con las nuevas elevaciones que se registra en la tabla N° 11, de tal manera que los resultados que están en positivo y al mismo tiempo están en color naranja significa que son las dimensiones de relleno y los números que están en negativo y en color celeste son dimensiones de corte.

**TABLA N° 17**  
**NUEVAS COTAS DEL TERRENO YA NIVELADO USANDO EL RECURSO HUMANO**

4005.140	4005.110	4005.080	4005.050	4005.020	4004.990	4004.960	4004.930
4005.090	4005.060	4005.030	4005.000	4004.970	4004.940	4004.910	4004.880
4005.040	4005.010	4004.980	4004.950	4004.920	4004.890	4004.860	4004.830
4004.990	4004.960	4004.795	4004.900	4004.870	4004.840	4004.810	4004.780
4004.940	4004.910	4004.880	4004.850	4004.820	4004.790	4004.760	4004.730
4004.890	4004.860	4004.830	4004.800	4004.770	4004.740	4004.710	4004.680
4004.840	4004.810	4004.780	4004.750	4004.720	4004.690	4004.660	4004.630
4004.790	4004.760	4004.730	4004.700	4004.670	4004.640	4004.610	4004.580

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 17 se observa las nuevas cotas del terreno que se niveló con recurso humano, con estos datos trabajamos en el programa CIVIL 3D para calcular el volumen de movimiento de tierras, es decir cuánto es el volumen de corte y cuanto es el volumen de relleno y de ello sacar el factor costo y tiempo que toma la habilitación de tierras o nivelación de tierras.

El segundo terreno se trabajó utilizando el recurso maquinaria y para ello se alquiló un tractor rastra de la municipalidad distrital de macari y un nivelador acoplado por los mismos propietarios, para ello se le asignó una pendiente de 4/1000 de Oeste a Este, es decir que habrá un desnivel de 0.28 m por cada 70 m y de Norte a Sur con una pendiente de 5/1000, es decir que habrá un desnivel de 0.35 m por cada 70 m, trabajando con estas pendientes se tuvo un movimiento de tierras de manera considerable pero trabajando con maquinaria el volumen no es de suma importancia,

En relleno se tiene 705.93 m<sup>3</sup> y 526.70 m<sup>3</sup> en corte, todo esto es en un terreno de 4900 m<sup>2</sup>, el cual es el terreno que se usa para ser nivelado con maquinaria.. Para la respectiva nivelación del terreno se tomó en cuenta el factor tiempo, el recurso humano y lo más importante el factor costo, cuya aplicación del método de los mínimos cuadrados para la nivelación del terreno se detallan en la metodología de este proyecto.

**TABLA N° 18**  
**ELEVACIONES EN SENTIDO DE OESTE A ESTE DEL TERRENO QUE SERÁ**  
**NIVELADO USANDO EL RECURSO MAQUINARIA**

BM	4006.19								
PTO	COTA	DISTANCIA EN CADA ELEVACION	ELEVACION	N° DE LINEAS	Σ DE LINEAS DE E - W	PROM. DE LINEAS (H)	DIST. EN PROMED IO (S)	Σ(SH)=	DIST. AL CUADRADO
122	4004.17	70	2.02	8	12.69	1.59	1	1.59	1
123	4004.252	60	1.938						
124	4004.37	50	1.82						
125	4004.58	40	1.61						
126	4004.73	30	1.46						
127	4004.82	20	1.37						
128	4004.93	10	1.26						
129	4004.982	1	1.208						
130	4004.91	0	1.28	8	13.11	1.64	10	16.39	100
131	4004.81	10	1.38						
132	4004.77	20	1.42						
133	4004.66	30	1.53						
134	4004.513	40	1.677						
135	4004.375	50	1.815						
136	4004.231	60	1.959						
137	4004.14	70	2.05						
138	4004.102	70	2.088	8	12.92	1.62	20	32.31	400
139	4004.054	60	2.136						
140	4004.406	50	1.784						
141	4004.643	40	1.547						
142	4004.784	30	1.406						
143	4004.857	20	1.333						
144	4004.856	10	1.334						
145	4004.894	0	1.296						
146	4004.963	0	1.227	8	12.55	1.57	30	47.05	900
147	4004.981	10	1.209						
148	4004.813	20	1.377						
149	4004.798	30	1.392						
150	4004.718	40	1.472						
151	4004.546	50	1.644						
152	4004.126	60	2.064						
153	4004.029	70	2.161						
154	4004.076	70	2.114	8	12.51	1.56	40	62.54	1600
155	4004.141	60	2.049						
156	4004.468	50	1.722						
157	4004.557	40	1.633						
158	4004.84	30	1.35						
159	4004.896	20	1.294						
160	4004.986	10	1.204						

PTO	COTA	DISTANCIA EN CADA ELEVACION	ELEVACION	N° DE LINEAS	Σ DE LINEAS DE E - W	PROM. DE LINEAS (H)	DIST. EN PROMED (S)	Σ(SH)=	DIST. AL CUADRADO
161	4005.048	0	1.142						
162	4005.035	0	1.155	8	12.61	1.58	50	78.78	2500
163	4005.14	10	1.05						
164	4005.035	20	1.155						
165	4004.678	30	1.512						
166	4004.415	40	1.775						
167	4004.253	50	1.937						
168	4004.196	60	1.994						
169	4004.163	70	2.027						
170	4003.116	70	3.074	8	15.06	1.88	60	112.95	3600
	4003.717	60	2.473						
171	4004.085	50	2.105						
41	4004.1	40	2.09						
172	4004.739	30	1.451						
173	4004.992	20	1.198						
174	4004.795	10	1.395						
175	4004.916	0	1.274						
176	4004.675	0	1.515	8	16.32	2.04	70	142.76	4900
177	4004.596	10	1.594						
178	4004.654	20	1.536						
179	4004.623	30	1.567						
180	4004.054	40	2.136						
181	4003.713	50	2.477						
182	4003.594	60	2.596						
183	4003.296	70	2.894						
TOTAL				8	107.76	13.47	281	494.3	14001

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 18 se muestra los datos en sentido de oeste a este del terreno que se niveló usando el recurso maquinaria, en la primera columna se coloca el número de punto tomado con la estación total, las cuales 64 puntos pertenecen al terreno que se niveló, en la segunda columna se registra la cota en las estacas colocadas a cada 10 m de oeste a este, en la tercera columna se coloca la distancia desde una esquina del terreno y esto va desde 0 a 70 m, en la cuarta columna se coloca las elevaciones de cada una de las estacas tomadas con un nivel de ingeniero, en la quinta columna va el número de líneas que no es otra cosa que el número de estacas en la dirección de oeste a este, por lo tanto se tiene 64 estacas en total, en la sexta columna se registra la sumatoria de líneas, es decir la sumatoria de las elevaciones para que en la séptima columna se saque un promedio de estas, en la octava columna se precisa las distancias desde una esquina del terreno hasta las estacas en dirección de oeste a este, para luego sacar el producto del promedio de líneas y la distancia. Todo esto es necesario para calcular el declive que mejor se adapte a la topografía del terreno a nivelar.

**TABLA N° 19**  
**ELEVACIONES EN SENTIDO DE NORTE A SUR DEL TERRENO QUE SERÁ**  
**NIVELADO USANDO EL RECURSO MAQUINARIA**

PTO	COTA	DISTANCIA EN CADA ELEVACION	ELEVACION	N° DE LINEAS	Σ DE LINEAS DE E - W	PROM. DE LINEAS (H)	DIST. EN PROMED (S)	Σ(SH)	DIST. AL CUADRA DO
129	4004.982	0	1.208	8	10.10	1.26	1	1.26	1
130	4004.91	10	1.28						
145	4004.894	20	1.296						
146	4004.963	30	1.227						
161	4005.048	40	1.142						
162	4005.035	50	1.155						
175	4004.916	60	1.274						
176	4004.675	70	1.515						
177	4004.596	70	1.594	8	10.43	1.30	10	13.03	100
174	4004.795	60	1.395						
163	4005.14	50	1.05						
160	4004.986	40	1.204						
147	4004.981	30	1.209						
144	4004.856	20	1.334						
131	4004.81	10	1.38						
128	4004.93	0	1.26						
127	4004.82	0	1.37	8	10.47	1.31	20	26.17	400
132	4004.77	10	1.42						
143	4004.857	20	1.333						
148	4004.813	30	1.162						
159	4004.896	40	1.294						
164	4005.035	50	1.155						
173	4004.992	60	1.198						
178	4004.654	70	1.536						
179	4004.623	70	1.567	8	11.67	1.46	30	43.76	900
172	4004.739	60	1.451						
165	4004.678	50	1.512						
158	4004.84	40	1.35						
149	4004.798	30	1.392						
142	4004.784	20	1.406						
133	4004.66	10	1.53						
126	4004.73	0	1.46						
125	4004.58	0	1.61	8	13.94	1.74	40	69.70	1600
134	4004.513	10	1.677						
141	4004.643	20	1.547						
150	4004.718	30	1.472						
157	4004.557	40	1.633						
166	4004.415	50	1.775						
41	4004.1	60	2.09						
180	4004.054	70	2.136						
181	4003.713	70	2.477	8	15.30	1.91	50	95.65	2500
171	4004.085	60	2.105						
167	4004.253	50	1.937						
156	4004.468	40	1.722						

151	4004.546	30	1.644						
140	4004.406	20	1.784						
135	4004.375	10	1.815						
124	4004.37	0	1.82						
123	4004.252	0	1.938	8	17.21	2.15	60	129.0	3600
136	4004.231	10	1.959					7	
139	4004.054	20	2.136						
152	4004.126	30	2.064						
155	4004.141	40	2.049						
168	4004.196	50	1.994						
	4003.717	60	2.473						
182	4003.594	70	2.596						
183	4003.296	70	2.894	8	18.43	2.30	70	161.2	4900
170	4003.116	60	3.074					5	
169	4004.163	50	2.027						
154	4004.076	40	2.114						
153	4004.029	30	2.161						
138	4004.102	20	2.088						
137	4004.14	10	2.05						
122	4004.17	0	2.02						
				8	107.54	13.44	281	539.8	14001
ALTURA DEL CENTROIDE CALCULADO				<b>1.684</b>					
ALTURA DEL CENTROIDE SUGERIDO				1.462					

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 19 se muestra los datos en sentido de norte a sur del terreno que se niveló usando el recurso maquinaria, en la primera columna se coloca el número de punto tomado con la estación total, las cuales 64 puntos pertenecen al terreno que se niveló, en la segunda columna se registra la cota en las estacas colocadas a cada 10 m de norte a sur, en la tercera columna se coloca la distancia desde una esquina del terreno y esto va desde 0 a 70 m, en la cuarta columna se coloca las elevaciones de cada una de las estacas tomadas con un nivel de ingeniero, en la quinta columna va el número de líneas que no es otra cosa que el número de estacas en la dirección de norte a sur, por lo tanto se tiene 64 estacas en total, en la sexta columna se registra la sumatoria de líneas, es decir la sumatoria de las elevaciones para que en la séptima columna se saque un promedio de estas, en la octava columna se precisa las distancias desde una esquina del terreno hasta las estacas en dirección de norte a sur, para luego sacar el producto del promedio de líneas y la distancia. Todo esto es necesario para calcular el declive que mejor se adapte a la topografía del terreno a nivelar.

**TABLA N° 20**  
**SUMA Y PROMEDIO DE LINEAS DEL TERRENO QUE SERÁ NIVELADO USANDO EL RECURSO MAQUINARIA**

	70	107.755		70	107.54
<b>Xm =</b>	<b>1.539357143</b>		<b>Yn =</b>	<b>1.536285714</b>	

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 20 se aprecia la suma y promedio de líneas del terreno que fue nivelado usando el recurso maquinaria, donde Xm representa la dirección de oeste a este y Ym representa la dirección norte a sur y sus datos salen de la tabla N° 18 y N° 19.

**TABLA N° 21**  
**CÁLCULO DEL G (w-E ) O DECLIVE QUE MEJOR SE ADAPTE A LA TOPOGRAFÍA ORIGINAL EN LA DIRECCIÓN DE OESTE A ESTE A TRAVES DEL CAMPO**

$\Sigma(SH) = (1 \times 1.3851) + (10 \times 1.1071) + (20 \times 1.287) + (30 \times 1.3392) + (40 \times 1.5984) + (50 \times 1.786) + (60 \times 1.9812) + (70 \times 2.3115)$	
$\Sigma(SH) =$	539.8821
$\Sigma(S) =$	281
$\Sigma(H) =$	107.54
$\Sigma(S)^2 =$	14001
$n =$	8
ENTONCES $G (w-E) = (512.289 - (280 \times 102.365)/8) / 14000 - \frac{14001}{8}$	
ENTONCES $G (w-E) =$	-0.28124717
POR 70 METROS QUE ES EL LADO DEL CUADRADO CONSIDERADO , ( EL SIGNO NEGATIVO INDICA QUE EL DECLIVE ES HACIA EL ESTE A PARTIR DE "A".	
$G (W-E) SUGERIDO =$	-0.28 0.28
ENTONCES $G (w-E) =$	-0.0401782
ENTONCES $G (w-E) =$	0.04

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 21 se aprecia el cálculo de declive o pendiente que más se adapte a la topografía del terreno a nivelar de oeste a este usando el recurso humano, para la cual el método de los mínimos cuadrados trabaja con la formula mostrada en la tabla y sus datos los tomamos de la tabla N° 14, del resultado de la formula



podemos sugerir una pendiente aproximada y conocido, en este caso la formula nos da un valor de - 0.2812 m y por conveniente he sugerido de que sea - 0.28 m de declinación por cada 70 metros es decir que tomara una pendiente de 4/1000 y el signo indica la dirección de la pendiente, en este caso el signo negativo indica que será de oeste a este.

**TABLA N° 22**  
**CÁLCULO DEL G (N-S ) O DECLIVE QUE MEJOR SE ADAPTE A LA TOPOGRAFÍA ORIGINAL EN LA DIRECCIÓN DE NORTE A SUR A TRAVES DEL CAMPO**

$\Sigma(SH) = (1 \times 1.478) + (10 \times 1.4582) + (20 \times 1.435) + (30 \times 1.3796) + (40 \times 1.4146) + (50 \times 1.6382) + (60 \times 1.7166) + (70 \times 2.2752)$	
$\Sigma(SH) =$	494.4
$\Sigma(S) =$	281
$\Sigma(H) =$	107.8
$\Sigma(S)^2 =$	14001
$n =$	8
$ENTONCES G (N-S) = (486.9 - (281 \times 102.4)/8)/14000 - \frac{14001}{8}$	
<b>ENTONCES G (N-S) =</b>	<b>-0.358595306</b>
POR 70 METROS QUE ES EL LADO DEL CUADRADO CONSIDERADO , ( EL SIGNO POSITIVO INDICA QUE EL DECLIVE ES HACIA EL SUR A PARTIR DE "A"..	
<b>G (N-S) SUGERIDO =</b>	-0.35 0.35
<b>ENTONCES G (N-S) =</b>	<b>-0.051227987</b>
<b>ENTONCES G (N-S) =</b>	0.05

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 22 se aprecia el cálculo de declive o pendiente que más se adapte a la topografía del terreno a nivelar de norte a sur usando el recurso maquinaria, para la cual el método de los mínimos cuadrados trabaja con la formula mostrada en la tabla y sus datos los tomamos de la tabla N° 15, del resultado de la formula podemos sugerir una pendiente aproximada y conocido, en este caso la formula nos da un valor de -0.3585 m y por conveniente he sugerido de que sea - 0.35 m de declinación por cada 70 metros es decir que tomara una pendiente de 5/1000 y el signo indica la dirección de la pendiente, en este caso el signo negativo indica que será de norte a sur.

**TABLA N° 23**  
**ELEVACIONES DEL TERRENO NATURAL QUE SERÁ NIVELADO USANDO EL RECURSO MAQUINARIA**

1.208	1.26	1.37	1.46	1.61	1.82	1.938	2.02
1.28	1.38	1.42	1.53	1.677	1.815	1.959	2.05
1.296	1.334	1.333	1.406	1.547	1.784	2.136	2.088
1.227	1.209	1.162	1.392	1.472	1.644	2.064	2.161
1.142	1.204	1.294	1.35	1.633	1.722	2.049	2.114
1.155	1.05	1.155	1.512	1.775	1.937	1.994	2.027
1.274	1.395	1.198	1.451	2.09	2.105	2.473	3.074
1.515	1.594	1.536	1.567	2.136	2.477	2.596	2.894

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 23 se observa las elevaciones del terreno antes de ser nivelado con recurso maquinaria.

**TABLA N° 24**  
**NUEVAS ELEVACIONES DEL TERRENO QUE SERÁ NIVELADO USANDO EL RECURSO MAQUINARIA**

<b>Xm</b> <b>Yn</b>	<b>0.1</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>
<b>0.1</b>	1.250	1.290	1.330	1.370	1.410	1.450	1.490	1.530
<b>10</b>	1.300	1.340	1.380	1.420	1.460	1.500	1.540	1.580
<b>20</b>	1.350	1.390	1.430	1.470	1.510	1.550	1.590	1.630
<b>30</b>	1.400	1.440	1.480	1.520	1.560	1.600	1.640	1.680
<b>40</b>	1.450	1.490	1.530	1.570	1.610	1.650	1.690	1.730
<b>50</b>	1.500	1.540	1.580	1.620	1.660	1.700	1.740	1.780
<b>60</b>	1.550	1.590	1.630	1.670	1.710	1.750	1.790	1.830
<b>70</b>	1.600	1.640	1.680	1.720	1.760	1.800	1.840	1.880

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 24 se observa las nuevas elevaciones del terreno que se niveló con recurso maquinara, estas nuevas elevaciones salen después de que a las elevaciones del terreno natural se le adicione la declinación calculada en la tabla N° 21 y N° 22, de tal manera que la nuevas elevaciones queden con pendiente de 4/1000 de W-E y con 5/1000 de N-S.

**TABLA N° 25  
CORTES Y RELLENOS PARA NIVELAR EL TERRENO USANDO EL RECURSO MAQUINARIA**

Xm Yn	1	10	20	30	40	50	60	70
1	-0.042	-0.030	0.040	0.090	0.200	0.370	0.448	0.490
10	-0.020	0.040	0.040	0.110	0.217	0.315	0.419	0.470
20	-0.054	-0.056	-0.097	-0.064	0.037	0.234	0.546	0.458
30	-0.173	-0.231	-0.318	-0.128	-0.088	0.044	0.424	0.481
40	-0.308	-0.286	-0.236	-0.220	0.023	0.072	0.359	0.384
50	-0.345	-0.490	-0.425	-0.108	0.115	0.237	0.254	0.247
60	-0.276	-0.195	-0.432	-0.219	0.380	0.355	0.683	1.244
70	-0.085	-0.046	-0.144	-0.153	0.376	0.677	0.756	1.014

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 25 se observa los cortes y rellenos del terreno que se niveló con recurso maquinaria, estos cortes y rellenos son el resultado de la diferencia de las elevaciones actuales que están en la tabla N° 19 con las nuevas elevaciones que se registra en la tabla N° 20, de tal manera que los resultados que están en positivo y al mismo tiempo están en color naranja significa que son las dimensiones de relleno y los números que están en negativo y en color celeste son dimensiones de corte.

**TABLA N° 26**  
**NUEVAS COTAS DEL TERRENO YA NIVELADO USANDO EL RECURSO**  
**MAQUINARIA**

4004.940	4004.900	4004.860	4004.820	4004.780	4004.740	4004.700	4004.660
4004.890	4004.850	4004.810	4004.770	4004.730	4004.690	4004.650	4004.610
4004.840	4004.800	4004.760	4004.720	4004.680	4004.640	4004.600	4004.560
4004.790	4004.750	4004.495	4004.670	4004.630	4004.590	4004.550	4004.510
4004.740	4004.700	4004.660	4004.620	4004.580	4004.540	4004.500	4004.460
4004.692	4004.648	4004.610	4004.570	4004.530	4004.490	4004.450	4004.410
4004.640	4004.600	4004.560	4004.520	4004.480	4004.440	4004.400	4004.360
4004.590	4004.550	4004.510	4004.470	4004.430	4004.390	4004.350	4004.310

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 26 se observa las nuevas cotas del terreno que se niveló con recurso maquinaria, con estos datos trabajamos en el programa CIVIL 3D para calcular el volumen de movimiento de tierras, es decir cuánto es el volumen de corte y cuanto es el volumen de relleno y de ello sacar el factor costo y tiempo que toma la habilitación de tierras o nivelación de tierras.

#### 4.3.1 TRABAJO DE RUPTURA DE SUELO

##### 4.3.1.1 Ruptura de suelo utilizando el recurso humano

Para realizar esta actividad se contrató a cuatro personas de distintas edades que con el uso de herramientas manuales como pico, pala, chaquitaklla, rastillo, etc. se hizo el desbroce de terreno de un área de 4900 m<sup>2</sup> para su posterior nivelación. Ver TABLA N° 27.

**TABLA N° 27  
TRABAJO DE DESBROCE CON RECURSO HUMANO**

NOMBRE	EDAD	RENDIMIENTO (m2/dia)	COSTO (S./)/dia	DIAS	COSTO ACUMULADO (S./)
SEFERINO	60	65	30	16.33	490
JUAN DE DIOS	19	80	35		571.67
RICHAR	23	85	35		571.67
ROSALIA	42	70	30		490
TOTAL		300	130		
COSTO TOTAL PARA LA RUPTURA 4900 M2 DE SUELO					2123.33

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 27 se muestra el número de personas con su respectiva edad que hicieron el trabajo de ruptura del suelo usando el recurso humano, queda claro que el rendimiento de una persona de la tercera edad no es el mismo que la de un joven de 23 años, el costo de un jornal de trabajo varia de 30 a 35 soles por persona y toma un total de 16 días de trabajo, por lo tanto el costo que toma desbrozar el suelo es de 2123 soles.

#### 4.3.1.2 Ruptura de suelo utilizando el recurso maquinaria

**TABLA N° 28  
TRABAJO DE DESBROCE CON RECURSO MAQUINARIA**

RECURSOS A UTILIZAR	CANTIDAD	RENDIMIENTO	TIEMPO (HORAS)	COSTO / HORA	COSTO ACUMULADO
TRACTOR ARADO	1	1/4 Hc / hora	2	50	100
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>100</b>

FUENTE: Elaboración propia.

En la tabla N° 28 se detalla el trabajo de desbroce usando el recurso maquinaria, para realizar esta actividad se alquiló tractor rastra de la municipalidad distrital del macarí a un precio bastante accesible, se hizo la ruptura de suelo un total de 4900 m<sup>2</sup> para nivelar, el rendimiento de esta maquinaria es de ¼ de hectárea por hora, el costo de alquiler por hora es de S/. 50.00 y el tiempo que toma es de 2 horas por lo tanto el costo total que toma esta actividad es de S/. 100.00.

#### 4.3.2 TIEMPO Y AVANCE DE LA NIVELACIÓN

##### 4.3.2.1 Tiempo y avance de la nivelación utilizando recurso humano.

Como primer paso para realizar la nivelación se hizo el trabajo de ruptura del suelo en la que trabajaron cuatro personas empezando a las 8:30 am, tomando un descanso a la hora del almuerzo de 12:00 pm a 13:00 pm y concluyendo los trabajos a las 17:30 pm, habiendo avanzando 300 m<sup>2</sup> en el día, por lo tanto se presume que en aproximadamente 16 días se pueda concluir con el trabajo de ruptura del suelo.

Como segundo paso se realizó la nivelación en sí, en la que trabajaron cinco personas, utilizando herramientas manuales como pico, raukana, pala y rastrillos, empezando a las 8:00 am, tomando un descanso a la hora del almuerzo de 12:00 pm a 13:00 pm y concluyendo los trabajos a las 17:30 pm, habiendo hecho un avance de aproximadamente de 20.5 m<sup>3</sup> entre corte y relleno en movimiento de tierras durante todo el día y al cabo de 23 días se tendría nivelado de manera manual el terreno de aproximadamente media hectárea. Ver TABLA N° 29.

**TABLA Nº 29**  
**TRABAJO DE NIVELACIÓN CON RECURSO HUMANO**

**MOVIMIENTO DE TIERRAS DE 4900 m<sup>2</sup> , 406.79 m<sup>3</sup> DE RELLENO Y 223.15 m<sup>3</sup> DE CORTE**

**RELLENO: 406.79**

**CORTE: 223.15 472.455**

NOMBRE	EDAD	RENDIMIENTO (m <sup>3</sup> /día)	COSTO / DIA	TOTAL DE DIAS PARA NIVELAR 4900 m <sup>2</sup>	COSTO APROX. PARA NIVELAR 4900 m <sup>2</sup>
SEFERINO	60	3.5	30	23.05	3687.45
JUAN DE DIOS	19	4.5	35		
RICHAR	23	4.5	35		
MORCOS	21	4.5	30		
ROSALIA	42	3.5	30		
TOTAL		20.5	160	23.05	
COSTO TOTAL					3687.45

FUENTE: Elaboración propia.

#### **4.3.2.2 Tiempo y avance de la nivelación utilizando recurso maquinaria.**

Para realizar la nivelación de terreno utilizando tractor arado para la ruptura del suelo, cuyo rendimiento es de  $\frac{1}{4}$  Ha/hora, por lo tanto en aproximadamente dos horas el tractor concluyo con la ruptura del suelo de 4,900 m<sup>2</sup> es decir aproximadamente media hectárea.

Utilizando tractor rastra para triturar la tierra y facilitar el trabajo, cuyo rendimiento es de  $\frac{1}{2}$  Ha/hora, pero no se hizo esta acción una sola vez, ya que se tuvo que hacer cortes a aproximadamente 30 cm, así que se hizo diversas pasadas por el área del terreno en donde se requería hacer corte y jalar lo más que se pueda para las zonas de relleno, por ende la maquinaria se utilizó aproximadamente cuatro horas, y para arrastrar la

tierra para las zonas de relleno y así llegar a las nuevas elevaciones ya definidas, al mismo tractor se le acoplo una cuchilla, teniendo un rendimiento de 1/8 Ha/hora, se tuvo que hacer rellenos de aproximadamente 45 cm, así que se hizo diversas pasadas hasta llegar a las nuevas elevaciones ya definidas, tomándose un tiempo de uso de la maquinaria de aproximadamente ocho horas. Ver TABLA N° 30.

**TABLA N° 30**  
**TRABAJO DE NIVELACIÓN CON RECURSO MAQUINARIA**

**MOVIMIENTO DE TIERRAS DE 70 m<sup>2</sup> , 705.93 m<sup>3</sup> DE RELLENO Y 526.70 m<sup>3</sup> DE CORTE**

**RELLENO: 705.93**

**CORTE: 526.7**

RECURSOS A UTILIZAR	CANTIDAD	RENDIMIENTO	TIEMPO (HORAS)	COSTO POR HORA	COSTO ACUMULADO
TRACTOR RASTRA	1	1/2 Hc / hora	4	50	200
TRACTOR ACOPLADO PARA NIVELACION	1	1/8 Hc / hora	8	100	800
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>1000</b>

FUENTE: Elaboración propia.

#### 4.3.3 COSTO DE LA NIVELACIÓN

##### 4.3.3.1 Costo de la nivelación utilizando el recurso humano

El costo de la nivelación con el recurso humano, es decir utilizando la mano del hombre es el siguiente, se tienen los costos de ruptura de suelo que se hizo en un día trabajado con cuatro personas, dicho costo es de S/.130 y un avance de 300 m<sup>2</sup>, por lo tanto para alcanzar los 4,900 m<sup>2</sup> se necesita de aproximadamente 16 días acumulándose así un total de 2123.33 soles. Como siguiente paso viene la nivelación en sí, que trabajando un solo día



con 5 personas se tuvo un avance de 20.5 m<sup>3</sup> entre corte y relleno de movimiento de tierras en dicho terreno y poco a poco llevar la tierra para relleno con un costo de S/.160 por día, y para alcanzar la nivelación de los 4,900 m<sup>2</sup> se tiene que trabajar aproximadamente 23 días, teniendo así un costo acumulado de S/.3687.45. Por lo tanto para nivelar el terreno de 4,900 m<sup>2</sup> con la mano del hombre nos costaría S/.5,810.79. Ver TABLA N° 31.

**TABLA N° 31**  
**COSTO DE NIVELACIÓN USANDO EL RECURSO HUMANO**

**COSTO RUPTURA 4900 M2 DE SUELO**

NOMBRE	EDAD	RENDIMIENTO (m <sup>2</sup> /día)	COSTO (S./)/día	DIAS	COSTO ACUMULADO (S./)
SEFERINO	60	65	30	16.33	490
JUAN DE DIOS	19	80	35		571.67
RICHAR	23	85	35		571.67
ROSALIA	42	70	30		490
TOTAL		300	130		
COSTO TOTAL PARA LA RUPTURA 4900 M2 DE SUELO					2123.33

**COSTO DE NIVELACIÓN DE 4900 M2 DE SUELO**

NOMBRE	EDAD	RENDIMIENTO (m <sup>3</sup> /día)	COSTO / DIA	TOTAL DE DIAS PARA NIVELAR 4900 m <sup>2</sup>	COSTO APROX. PARA NIVELAR 4900 m <sup>2</sup>
SEFERINO	60	3.5	30	23.05	3687.45
JUAN DE DIOS	19	4.5	35		
RICHAR	23	4.5	35		
MORCOS	21	4.5	30		
ROSALIA	42	3.5	30		
TOTAL		20.5	160	23.05	
COSTO TOTAL					3687.45
<b>COSTO TOTAL DE NIVELACIÓN DE TERRENO CON RECURSO HUMANO</b>					<b>5810.786992</b>

FUENTE: Elaboración propia.

#### 4.3.3.2 Costo de la nivelación utilizando el recurso maquinaria.

Sin embargo el costo de la nivelación de terreno utilizando el recurso maquinaria, que para el trabajo de ruptura de suelo se utilizó el arado teniendo un rendimiento de  $\frac{1}{4}$  ha/hora con un costo de S/.50.00, por lo tanto se requirió 2 horas trabajadas para completar los 4,900 m<sup>2</sup>, teniendo costo acumulado de S/.100, posterior a ello para realizar el trabajo de nivelación en si se trabajó con dos tipos de maquinaria primero con la rastra que tiene un rendimiento de  $\frac{1}{2}$  Ha/ hora con un costo de S/.50, se trabajó 4 horas realizando los cortes y rellenos necesarios, teniendo un costo acumulado de S/.200 y para complementar la nivelación con el trabajo de relleno se acoplo la rastra con una cuchilla para que jale la tierra a las zonas de relleno, teniendo un rendimiento de  $\frac{1}{8}$  ha /hora con un costo de S/. 800.

Pero para hablar de costo total se adicionó el costo de alquiler de equipo de topografía, se alquiló una estación total por 3 horas por S/. 50 y un nivel de ingeniero por S/.30, haciendo un total de S/. 80 que se suma a la nivelación ya sea con recurso humano o recurso maquinaria. Ver TABLA N° 32.

**TABLA Nº 32**  
**COSTO DE NIVELACIÓN USANDO EL RECURSO MAQUINARIA**

**COSTO RUPTURA 4900 M2 DE SUELO**

RECURSOS A UTILIZAR	CANTIDAD	RENDIMIENTO	TIEMPO (HORAS)	COSTO / HORA	COSTO ACUMULADO
TRACTOR ARADO	1	1/4 Hc / hora	2	50	100
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>100</b>

**COSTO DE NIVELACIÓN DE 4900 M2 DE SUELO**

RECURSOS A UTILIZAR	CANTIDAD	RENDIMIENTO	TIEMPO (HORAS)	COSTO POR HORA	COSTO ACUMULADO
TRACTOR RASTRA	1	1/2 Hc / hora	4	50	200
TRACTOR ACOPLADO PARA NIVELACION	1	1/8 Hc / hora	8	100	800
<b>COSTO TOTAL</b>			12		1000
<b>COSTO TOTAL DE NIVELACIÓN DE TERRENO CON RECURSO MAQUINARIA</b>					<b>1100</b>

FUENTE: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

- Dentro de los estudios preliminares se hizo el levantamiento topográfico de aproximadamente 01 Ha, para ser nivelado usando el recurso humano y el recurso maquinaria.
- Se habilito dos terrenos de aproximadamente media hectárea cada uno de propiedad de la señora Maria Belen Callacasi, con el fin de incorporar su terreno a la agricultura para aplicar riego, en el primer terreno se utilizó el recurso humano donde se tubo 406.79 m<sup>3</sup> de relleno y 223.15 m<sup>3</sup> de corte, en el caso del segundo terreno se nivelo usando el recurso maquinaria, donde se tuvo 705.93 m<sup>3</sup> y 526.70 m<sup>3</sup> de relleno.
- El costo que demanda la habilitación de los terrenos de 4,900 m<sup>2</sup> cada uno depende del tipo de recurso que se utilice, utilizando la mano del hombre tiene un costo de S/. 5,810.79 y utilizando el recurso maquinaria el costo es de S/. 1,100.00, con estos costos los pobladores de la comunidad de Pfausi – Jatun Sayna tendrán la posibilidad de incorporar agricultura a sus tierras.
- El tiempo que demanda la habilitación de los terrenos de 4,900 m<sup>2</sup> cada uno, utilizando la mano del hombre donde trabajaron 5 personas de distintas edades tomó un tiempo de aproximadamente 39 días jornales, en el caso del segundo terreno utilizando el recurso maquinaria como tractor arado, tractor rastra y un nivelador acoplado el tiempo que tomo fue de 14 horas trabajados, por lo tanto el tiempo va a depender del tipo de recurso con el que se decida nivelar.

## RECOMENDACIONES

- Para hacer el levantamiento topográfico con fines de nivelación de terrenos, se aconseja hacerlo con mucho detalle porque es necesario tener curvas de nivel a cada metro o incluso menos.
- Para habilitar terrenos es necesario que la topografía sea la adecuada para ser sometido a nivelación, ya que no se puede hacer cortes que superen la altura de la capa arable.
- Si se dispone de maquinaria es muy favorable nivelar con ese recurso porque minimiza considerablemente el costo que demanda la habilitación de terrenos que van a ser incorporados a la agricultura con fines de riego, y por lo tanto los costos pueden ser cubiertos por los propietarios.

## BIBLIOGRAFÍA

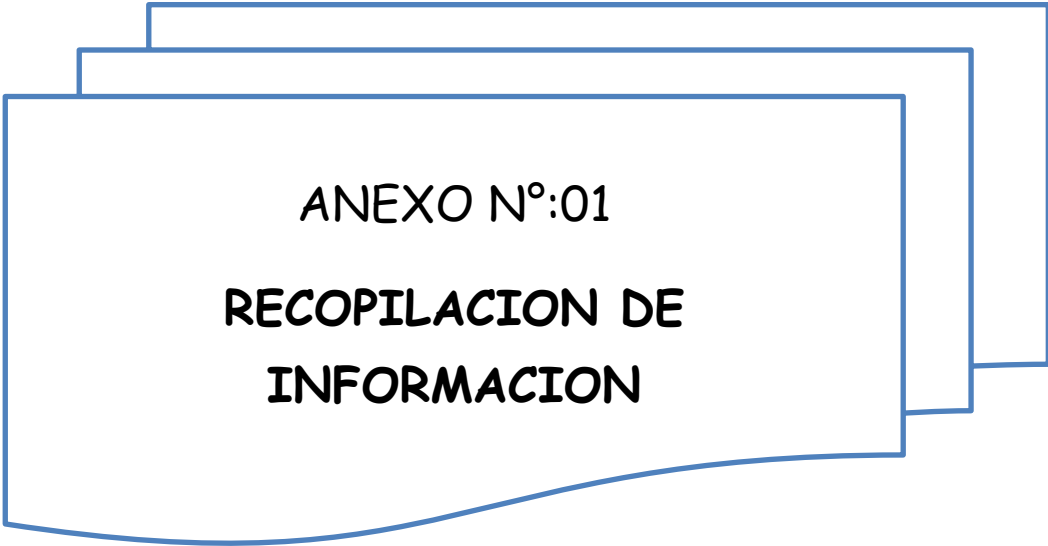
- Bengo, A. (1995). Operacion y mantenimiento de riego localizado: importancia y concecuencias de su mal manejo. Lima - Perú: V CONIA.
- Blair F., E. (1957). Manual de riego y avenamiento. Lima - Perú: II - FAO.
- Boletin, I. (1999). Congreso nacional de riego presurizado. Lima - Perú: CORANDE.
- Castillo G., E. (1996). Hombres y agricultura. Republica Dominicana: AVM.
- Chaves C., O. (1978). Desarrollo físico de las tierras para su riego y evacuación de excedentes. Tegucigalpa - Honduras: IICA.
- Díaz O., J. E. (2006). Riego por gravedad. Colombia: Univalle.
- Fuentes, L. (1996). Técnicas de riego. Madrid - España: Mundi - prensa.
- García M., A. (1994). Topografía básica para ingenieros. Murcia: SPUM.
- García Palacios, A. (1964). Principio y aplicaciones del riego. Madrid: Reverté.
- Gonzales C., A. (2010). Lecciones de topografía y replanteos. España: Club universitario.
- Gurovich, L. A. (1985). Fundamentos y diseño de sistemas de riego. San José - Costa Rica: IICA.
- James C., M. (1974). Nivelación de tierras para riego superficial. Lima - Perú: UNAM.
- Leiton S., J. S. (1983). Riego y drenaje. Costa Rica: UEDSJ.
- Marzocca, A. (1997). Tecnolíg para el pequeño agricultor. Monte Video - Uruguay: IICA.
- Midien B., A. (1992). Estudio de la producción piscícola en los canales de riego. Roma - Itália: Instituto de agricultura.
- Millar, A. A. (1992). Medio oriente y sostenibilidad de la agricultura bajo riego. Brasil: IICA.
- Millar, A. A. (1993). Manejo de agua y producción agrícola. Chile: IICA.
- Navarro, L. (1980). Agricultura, origen y sostenible de las economías modernas, implicaciones para Latinoamérica. Costa Rica: IICA.

- Poiree M., J. (1997). El regadío: Redes, teoría, técnica y economía de los riegos. Barcelona: Editores técnicos asociados.
- Raeburn J., R. (1987). La agricultura: Bases, principios y desarrollo. Barcelona: Reverte.
- Salas Palma, M. W. (1995). Determinación de la altura de ajuste del plano - proyecto y su aplicación en el proceso de nivelción de tierras. Puno . Perú: UNAP.
- Santa O., F. (2003). Agua y agronomía. España: Mundi prensa.
- Thorne, D. (1963). Técnica de riego. México: Continental.
- Valverde, J. C. (2007). Riego y drenaje. Costa Rica: San Jose.
- Vasquez, V. A. (1992). El riego, principios básicos. Lima - Perú: IICA.
- Villón, M. (1982). Riego por asperción. Lima - Perú: DRAT.
- Winther, J. (1985). El agua, el suelo y la planta. México: Diana.



## ANEXOS





**ANEXO N°:01**  
**RECOPIACION DE**  
**INFORMACION**

- **ENCUESTAS REALIZADAS EN LA COMUNIDAD DE PFAUSI JATUN SAYNA DEL DISTRITO DE MACARI, PROVINCIA DE MELGAR (AREA DE ESTUDIO),**

**NOMBRES Y APELLIDOS:** Juan de Dios Carvajal Peña

**EDAD:** 60 años

1. ¿Ahora que cuentan con riego ha notado usted que su producción agrícola y pecuaria han mejorado?

No mucho como nos imaginábamos, pero eso porque a veces nomás lo usamos.

2. ¿Han sido capacitados para darle un uso eficiente al sistema de riego con la que ustedes cuentan?

No nos han comunicado nada

3. ¿Realizan o no la nivelación de sus terrenos para cultivar tubérculos, pastos y forrajes, etc.?

Como sabemos nomas hacemos, a nuestra manera nomas.

**NOMBRES Y APELLIDOS:** Teodora Isabel Hanco Flores

**EDAD:** 45 años

1. ¿Ahora que cuentan con riego ha notado usted que su producción agrícola y pecuaria han mejorado?

Más o menos nomas, para algunos si ha mejorado pero para nosotros nada igualito nomas esta.

2. ¿Han sido capacitados para darle un uso eficiente al sistema de riego con la que ustedes cuentan?

Una vez nomas creo que han venido a dar charlas pero no nos han comunicado y no hemos asistido pues, hubiera sido importante asistir para saber cómo usar este riego para que nuestros pastos crezcan bien y nuestras vacas den más leche.

3. ¿Realizan o no la nivelación de sus terrenos para cultivar tubérculos, pastos y forrajes, etc.?

No a veces nosotros nomas lo que esta mogotito con raukana lo pampeamos, pero no nivelamos como debe de ser, cuanto costara pues con maquinaria, a la vez aquí a esta zona no viene el tractor.

**NOMBRES Y APELLIDOS:** Joaquín Ochoa Cahuana

**EDAD:** 52 años

1. ¿Ahora que cuentan con riego ha notado usted que su producción agrícola y pecuaria han mejorado?

Ha mejorado nomas, antes más bien nada había para que coma el ganado y no había leche ni papa tampoco nada todo la helada lo pasaba, ahora más bien mi hijo me ayudo a aprovechar el riego y estamos regando pues nuestros pastos, nuestros forrajes y así despachamos más leche para las plantas de queso.

2. ¿Han sido capacitados para darle un uso eficiente al sistema de riego con la que ustedes cuentan?

No nunca he sabido de si hay o no capacitación, como le digo con mi hijo nomas hemos trabajado a nuestro criterio.

3. ¿Realizan o no la nivelación de sus terrenos para cultivar tubérculos, pastos y forrajes, etc.?

Si lo he nivelado pero con mi familia nomas, yo, mi esposa, mis hijos, todos meten la mano y se avanza nomas, no será bien nivelado pero lo que se puede nomas también se hace pues, en tres días lo nivelamos mi terrenito será pues media hectárea siquiera.

**NOMBRES Y APELLIDOS:** Elsa Chullo Hanco

**EDAD:** 37 años

1. ¿Ahora que cuentan con riego ha notado usted que su producción agrícola y pecuaria han mejorado?

Si ha mejorado, ahora con eso regamos pues los pastos, la papa, todo.

2. ¿Han sido capacitados para darle un uso eficiente al sistema de riego con la que ustedes cuentan?

Una vez he ido al salón de la comunidad, ahí han capacitado del municipio, según lo que he aprendido así nomás estoy regando, pero sería muy bueno que haya más capacitaciones para que más aprenda.

3. ¿Realizan o no la nivelación de sus terrenos para cultivar tubérculos, pastos y forrajes, etc.?

Si nos han dicho que el terreno debe estar plano, pero no nos han dicho como hay que nivelar, pero a nuestro criterio nomas hemos pampeado.

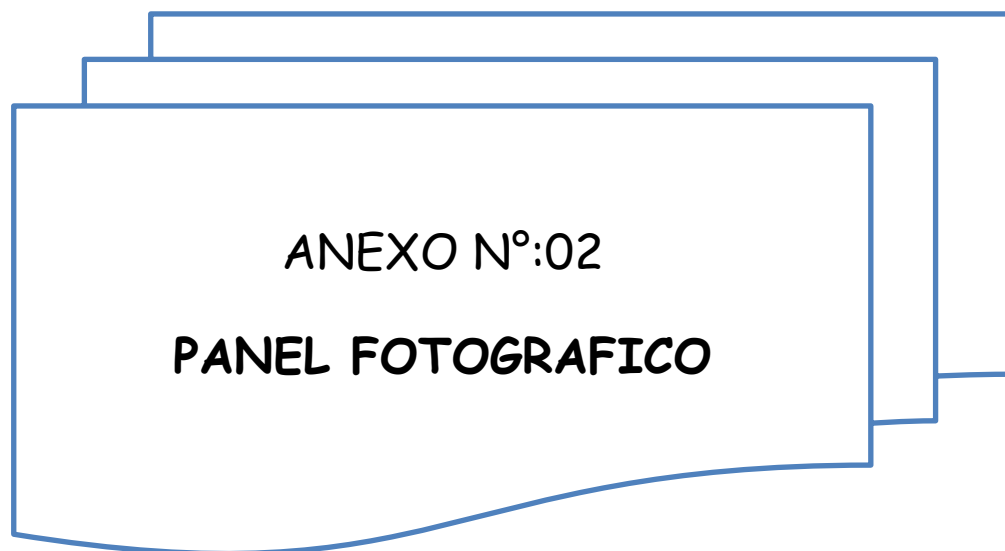




FOTO N° 01: TRABAJO TOPOGRAFICO CON NIVEL DE INGENIERO



FOTO N° 02: TABAJO DE RUPTURA DE SUELO USANDO EL RECURSO  
MAQUINARIA





FOTO N° 03: TABAJO DE RELLENO USANDO EL RECURSO HUMANO CON UN RASTRILLO



FOTO N° 04: PARTE DEL TERRENO YA NIVELADO USANDO RECURSO HUMANO





ANEXO N°:03  
**PLANOS**